



TUGAS AKHIR - SS 141501

**PENERAPAN DIAGRAM *FUZZY U*
PADA PENGONTROLAN KUALITAS
PRODUK KACA *AUTOMOTIVE* TIPE *LAMINATED***

VELA RISKI PRADINI
NRP 1312 100 011

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Mashuri, MT

PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL PROJECT - SS 141501

**THE APPLICATION OF FUZZY U CONTROL CHART
FOR PRODUCTION QUALITY MONITORING
OF LAMINATED AUTOMOTIVE GLASS PRODUCT**

VELA RISKI PRADINI

NRP 1312 100 011

Supervisor

Dr. Muhammad Mashuri, MT

UNDERGRADUATE PROGRAMME

DEPARTMENT OF STATISTICS

FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN DIAGRAM FUZZY U
PADA PENGONTROLAN KUALITAS
PRODUK KACA *AUTOMOTIVE* TIPE *LAMINATED***

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada**

**Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**VELA RISKI PRADINI
NRP 1312 100 011**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

**Dr. Muhammad Mashuri, MT.
NIP. 19620408 198701 1 001**


()

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS**


Dr. Suhartono

NIP. 19710929 199512 1 001

SURABAYA, JULI 2016



**PENERAPAN DIAGRAM FUZZY U
PADA PENGONTROLAN KUALITAS
PRODUK KACA AUTOMOTIVE TIPE LAMINATED**

Nama Mahasiswa : Vela Riski Pradini
NRP : 1312 100 011
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Muhammad Mashuri, MT

Abstrak

Saat ini industri manufaktur Indonesia menunjukkan suatu peningkatan yang signifikan, mulai dari industri makanan dan minuman sampai industri otomotif. Namun, industri kaca justru mengalami penurunan 2% sejak Tahun 2010. Hal ini menunjukkan keadaan yang kontradiksi dengan potensi yang dimiliki Indonesia untuk mendukung perkembangan industri kaca. PT. Asahimas Flat Glass Tbk. sebagai salah satu produsen kaca terbesar di Indonesia, dituntut untuk menjalankan proses produksi secara baik dan benar agar menghasilkan produk yang sesuai dengan harapan konsumen. Pada prosesnya, seringkali ditemukan produk yang cacat, baik cacat yang dikategorikan unstandard maupun standard. Dalam penentuan status kaca apakah layak diterima atau tidak, kerap ditemukan suatu kesamaran karena proses penentuannya yang dilakukan secara visual oleh operator. Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan diagram fuzzy u untuk mengetahui suatu proses produksi berada dalam batas kontrol atau tidak dengan mempertimbangkan faktor kesamaran dalam suatu kasus. Diagram kontrol fuzzy u menunjukkan bahwa dari total 207 pengamatan, terdapat 65 pengamatan in control, 45 pengamatan rather in control, 24 pengamatan rather out of control, dan 73 pengamatan out of control. Selain itu, proses yang tergolong out of control paling banyak ditemukan pada Bulan Januari 2015. Hal ini disebabkan karena banyak ditemukannya cacat pada produk, seperti cacat cullet serta scratch.

Kata Kunci : Diagram Fuzzy U, Kaca, Pengontrolan Kualitas

THE APPLICATION OF FUZZY U CONTROL CHART FOR PRODUCTION QUALITY MONITORING OF LAMINATED AUTOMOTIVE GLASS PRODUCT

Name : Vela Riski Pradini
NRP : 1312 100 011
Department : Statistics FMIPA-ITS
Supervisor : Dr. Muhammad Mashuri, MT

Abstract

Currently, Indonesia's manufacturing industry showed a significant increase, starting from food and beverage industry to the automotive industry. However, the glass industry has decreased 2% since 2010. This condition shows the state of contradiction with the potential of Indonesia to support the development of the glass industry. PT. Asahimas Flat Glass Tbk. as one of the largest glass manufacturer in Indonesia, is required to run the production process well and right, in order to produce the products according to consumer expectations. In the process, often found defective products, which are categorized either unstandard or standard defect. In determining the status of the glass is acceptable or not, are often found an ambiguity because the determination process is done visually by the operator. Therefore, in this study used a fuzzy u control chart to find out a production process are within the control limits or does not, consider factors such vagueness in some cases. Fuzzy u control charts showed that of a total of 207 observations, there were 65 observations in control, 45 observations rather in control, 24 observations rather out of control, and 73 observations out of control. In addition, a process that was classified out of control most commonly found in January 2015. This is because a lot of the discovery of defects in products, such as bubble defect, scratch, as well as cullet.

Key words : Fuzzy U Control Chart, Glass, Quality Control

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
COVER PAGE	iii
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Penelitian.....	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Diagram Kontrol Demerit.....	7
2.2 Logika <i>Fuzzy</i>	10
2.3 Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	14
2.4 Diagram Pareto	20
2.5 Proses Produksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo.....	20
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	25
3.2 Variabel Penelitian	25
3.3 Langkah Analisis	29
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	30
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Karakteristik Data Kecacatan Kaca <i>Automotive Tipe Laminated</i>	33

4.2	Pengontrolan Kualitas Kaca <i>Automotive</i> Tipe <i>Laminated</i> Menggunakan Diagram Kontrol Demerit	38
4.3	Pengontrolan Kualitas Kaca <i>Automotive</i> Tipe <i>Laminated</i> Menggunakan Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	44
4.4	Perbandingan Pengontrolan Kualitas Menggunakan Diagram Kontrol Demerit dan Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	53
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA		55
LAMPIRAN		57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Struktur Data Diagram Kontrol Demerit	9
Tabel 2.2 Perbandingan Diagram Kontrol Shewart dan <i>Fuzzy</i>	14
Tabel 2.3 <i>Crispsocre</i> untuk Nilai <i>Fuzzy</i>	19
Tabel 2.4 Perbedaan ASTEK dan Jamkesmas	15
Tabel 3.1 Struktur Data Inspeksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo	27
Tabel 3.2 Struktur Data Analisis.....	28
Tabel 3.3 Kategori Kelas Cacat pada Diagram Kontrol Demerit dan <i>Fuzzy U</i>	28
Tabel 4.1 <i>Crispscore</i> untuk Setiap Kelas Cacat.....	39
Tabel 4.2 Informasi Mengenai Waktu Pengamatan <i>Out of Control</i> dan <i>Warning Limit</i> pada Diagram Kontrol Demerit.....	43
Tabel 4.3 Informasi Mengenai Waktu Pengamatan <i>Rather Out of Control</i> dan <i>Out of Control</i> pada Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	46
Tabel 4.4 Perbandingan Keputusan Diagram Kontrol Demerit dan <i>Fuzzy U</i>	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Himpunan Klasik Muda, Parobaya, dan Tua11
Gambar 2.2	Himpunan <i>Fuzzy</i> Muda, Parobaya, dan Tua12
Gambar 2.3	Kurva Segitiga (<i>Triangular</i>)13
Gambar 2.4	Kurva Trapesium (<i>Trapezoidal</i>)13
Gambar 2.5	Daerah Sampel S_j18
Gambar 2.6	Proses Produksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk.23
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian31
Gambar 4.1	Perbandingan Frekuensi Cacat Selama Bulan Januari-Desember 201533
Gambar 4.2	Diagram Pareto pada Kategori <i>Unstandard</i> <i>Primary Defect</i>34
Gambar 4.3	Diagram Pareto pada Kategori <i>Unstandard</i> <i>Secondary Defect</i>35
Gambar 4.4	Diagram Pareto pada Kategori <i>Standard</i> <i>Primary Defect</i>36
Gambar 4.5	Diagram Pareto pada Kategori <i>Standard</i> <i>Secondary Defect</i>37
Gambar 4.6	Diagram Pareto pada Produksi Kaca <i>Laminated</i>38
Gambar 4.7	Diagram Kontrol Demerit pada Produksi Kaca Laminated41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri manufaktur Indonesia saat ini mulai menunjukkan suatu peningkatan, hal ini ditunjukkan oleh sebagian produk yang telah berhasil menguasai pangsa pasar dunia. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) Indonesia menyebutkan bahwa saat ini industri makanan dan minuman merupakan pemain utama dalam industri manufaktur, dimana pertumbuhan kedua industri ini telah mencapai *double digit*. Selain itu, bidang industri otomotif mesin dan elektronika juga mengalami pertumbuhan pesat di atas 20 persen (Kemenperin, 2015).

Namun pada kenyataannya tidak semua industri manufaktur mengalami pertumbuhan, salah satu industri manufaktur yang terus mengalami penurunan adalah industri kaca dan barang dari kaca. Menurut data dari Badan Pusat Statistik, perkembangan ekspor industri kaca dan barang dari kaca mengalami *trend* penurunan minus 2 persen sejak tahun 2010 sampai 2014. Begitu pula pada tahun 2015, industri kaca belum menunjukkan adanya peningkatan dan malah mengalami penurunan minus 5 persen dari tahun sebelumnya (Kemendag, 2015).

Hal ini menunjukkan kondisi yang kontradiksi dengan potensi yang dimiliki Indonesia dalam industri kaca. Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah untuk memenuhi kebutuhan industri, termasuk industri kaca. Kaca yang berbahan dasar pasir kuarsa akan sangat mudah diproduksi di Indonesia, dimana sekitar 60% – 70% kebutuhan pasir kuarsa untuk produksi selebar kaca mampu dijawab dengan baik oleh pantai-pantai di Indonesia. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan produksi kaca Indonesia yang mencapai 1,45 juta ton kaca per tahun atau setara dengan total produksi delapan negara di ASEAN (Al Hafiz, 2015). Kondisi ini menuntut produsen kaca di Indonesia untuk meningkatkan kualitas produknya agar bisa terus menguasai pasar

ASEAN, bahkan dunia. Peningkatan kualitas produk khususnya dapat dilakukan dengan melakukan pengontrolan proses produksi.

PT. Asahimas Flat Glass Tbk. merupakan perusahaan multinasional yang bergerak di bidang manufaktur, yang dalam hal ini bergerak dalam produksi kaca. Kapasitas produksi PT. Asahimas Flat Glass saat ini mencapai 570.000 ton kaca lembaran per tahun. Dengan kapasitas sebesar ini Asahimas merupakan salah satu industri kaca terbesar di Asia Tenggara. Kapasitas produksi yang besar ini juga mendorong perusahaan untuk membuka tiga cabang perusahaan di Indonesia, yaitu Jakarta, Sidoarjo, dan Cikampek. PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo merupakan salah satu cabang perusahaan yang telah mampu memenuhi permintaan pasar di wilayah timur Indonesia. Dalam menjalankan bisnisnya, Asahimas telah memproduksi beberapa jenis kaca, antara lain: *flat glass* yang terdiri dari *clear glass*, *tinted glass*, *reflective glass*, *figure glass*, dan *low-e glass*, *automotive glass* yang terdiri dari *tempered glass* dan *laminated glass*, *glazing*, serta *mirror glass*. Kaca otomotif (*automotive glass*) merupakan salah satu produk Asahimas yang banyak diproduksi karena permintaan konsumen yang tinggi. Hal ini menuntut perusahaan untuk menjalankan proses produksi secara baik dan benar agar menghasilkan produk yang sesuai dengan harapan konsumen serta tanpa cacat.

Asahimas melalui Departemen *Quality Control*-nya memiliki standar tersendiri mengenai produk cacat. Terdapat empat tipe klasifikasi cacat berdasarkan standar perusahaan, yaitu *standard primary defect*, *standard secondary defect*, *unstandard primary defect*, *unstandard secondary defect*. *Standard defect* artinya cacat pada produk masih dalam batas toleransi yang ditetapkan perusahaan dan masih layak jual, sedangkan *unstandard defect* artinya cacat pada produk sudah di luar batas toleransi dan akan di-*reject*. Sedangkan yang dimaksud *primary defect* adalah cacat yang terjadi pada saat proses peleburan (*melting process*) dan proses pembentukan (*drawing process*) yang tidak sempurna, berbeda dengan *primary*, *secondary defect* merupakan cacat yang

terjadi pada saat proses pemotongan (*cutting process*) dan proses pengepakan (*packing*). Penentuan status kaca apakah diterima atau *reject* dilakukan oleh Departemen *Quality Control* dengan melihat secara visual produk kaca yang dihasilkan. Selain itu, pengontrolan yang dilakukan oleh Departemen *Quality Control* hanya sekedar menghitung jumlah dan rasio cacat pada produk. Untuk itu, adanya suatu kesamaran dalam pengukuran suatu produk kaca apakah produk tersebut layak diterima atau tidak. Diagram kontrol statistika merupakan teknik membuat grafik statistik yang nilainya diukur berdasarkan hasil plot karakteristik kualitas tertentu. Diagram kontrol digunakan untuk mengetahui apakah proses berada dalam kendali statistik atau tidak (Montgomery, 2009).

Salah satu diagram kontrol yang mengikuti aturan *shewart* dan digunakan untuk mengetahui keterkendalian suatu proses berdasarkan bobot cacat produk adalah diagram kontrol demerit. Pada penerapannya, diagram kontrol demerit akan menghasilkan dua keputusan, yaitu apakah suatu proses dikatakan *in control* atau *out of control*. Akan tetapi pada kasus tertentu dimana terdapat kesamaran dalam penentuan kelayakan suatu produk, maka diagram kontrol demerit dianggap menghasilkan keputusan yang kurang cermat. Kasus tersebut merupakan salah satu contoh kasus yang bersifat *fuzzy*, dimana secara harfiah diartikan sebagai kabur atau samar-samar, yang dimaksud *fuzzy* secara umum adalah suatu elemen dapat digolongkan ke dalam dua himpunan secara bersamaan. Diagram kontrol *fuzzy* sangat sesuai digunakan untuk observasi yang menghasilkan data (informasi) yang tidak pasti, kurang jelas dan berdasarkan subjektivitas (persepsi) seseorang. Sehingga penggunaan diagram kontrol *fuzzy* akan lebih tepat digunakan dibanding diagram kontrol demerit yang berbasis *shewart* agar keputusan yang dihasilkan lebih cermat.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Murat Gulbay dan Cengiz Kahraman (2006) menunjukkan bahwa *Direct Fuzzy Approach* (DFA) sebagai pendekatan alternatif yang baru, memiliki perbedaan dengan diagram kontrol *fuzzy* yang sudah ada

sebelumnya. Jika pada diagram kontrol *fuzzy*, data yang digunakan akan mengalami proses transformasi yang dinamakan *defuzzification*, maka pada DFA, data tidak akan diubah menjadi nilai-nilai yang ditransformasikan. Hal ini menjadi keunggulan metode DFA, karena tanpa adanya transformasi maka akan mencegah terjadinya informasi yang hilang dari data tersebut. Sugihartanti (2012) melakukan penelitian terhadap pengontrolan kualitas produksi botol sting 240 ml di PT. IGLAS dengan menggunakan diagram kontrol *fuzzy* dan DFA. Penelitian ini menunjukkan bahwa diagram kontrol *fuzzy* memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan diagram kontrol demerit. Sedangkan penerapan DFA pada kasus ini menghasilkan keputusan yang bersifat linguistik, yaitu keputusan *rather in control* dan *rather out of control* yang berada di antara keputusan *in control* dan *out of control*.

Penelitian mengenai pengendalian kualitas kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. sebelumnya pernah dilakukan oleh Budiantono (2014). Pengendalian kualitas pada kasus ini menggunakan diagram kontrol *U* dan memberikan hasil bahwa proses produksi kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo telah terkendali secara statistik pada iterasi kedua. Sedangkan pada analisis kapabilitas menunjukkan bahwa proses produksi kaca di perusahaan tersebut belum kapabel dengan indeks kapabilitas < 1 (0,303). Penelitian terbaru dilakukan oleh Ahlisa (2015) mengenai penerapan diagram kontrol *fuzzy u* pada pengendalian kualitas *coating thickness* di PT. Indal Steel Pipe. Melalui penelitian ini didapatkan bahwa diagram kontrol *Fuzzy U* memberikan hasil yang lebih cermat dalam mengendalikan kualitas dibandingkan diagram kontrol demerit yang mengikuti aturan *shewart*.

1.2 Rumusan Masalah

Produk kaca *automotive* merupakan jenis kaca yang paling banyak diproduksi oleh PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo. Dalam proses produksinya, sering kali ditemui beberapa produk

yang cacat bahkan harus di-*reject*. Departemen *Quality Control* (QC) dari PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo telah menetapkan standar yang jelas untuk produk cacat. Terdapat empat kategori cacat yang ditetapkan oleh Departemen QC, yaitu *standard primary defect*, *standard secondary defect*, *unstandard primary defect*, serta *unstandard secondary defect*. Keempat kategori cacat tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan pertimbangan apakah produk masih bisa diterima dan layak jual atau kah di-*reject*. Sehubungan dengan hal ini, perusahaan ingin mengetahui apakah proses produksi masih dalam batas kontrol atau tidak. Selain itu, juga akan diteliti mengenai jenis cacat dan penyebab cacat dominan pada proses produksi kaca. Dengan begitu, perusahaan bisa melakukan perbaikan dan *improvement* agar proses produksi senantiasa terkendali dan produk serta penyebab cacat bisa diminimalisir.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah menerapkan diagram kontrol demerit dan *fuzzy u* pada proses produksi kaca *automotive* tipe *laminated* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo.. Selain itu, tujuan lainnya yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendeskripsikan karakteristik data serta menganalisis jenis cacat dan penyebab cacat dominan pada proses produksi kaca *automotive* tipe *laminated* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo.
2. Menganalisis penerapan diagram kontrol demerit pada pengontrolan kualitas kaca *automotive* tipe *laminated* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo.
3. Menganalisis penerapan diagram kontrol *fuzzy u* pada pengontrolan kualitas kaca *automotive* tipe *laminated* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo.
4. Membandingkan hasil keputusan proses pada diagram kontrol demerit dan diagram kontrol *fuzzy u*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian dalam Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut.

1. Peneliti mendapatkan pengalaman dan pengetahuan mengenai problem riil yang dihadapi di dunia kerja, serta memberikan pemahaman dari penerapan teori statistika dalam bentuk nyata.
2. Perusahaan, dalam penelitian ini PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo, dapat menggunakan hasil penelitian dan saran-saran yang dikemukakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan mengenai kondisi dan permasalahan yang dihadapi perusahaan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Produk yang digunakan adalah produk kaca *automotive* tipe *laminated*.
2. Data yang digunakan merupakan data kecacatan kaca dari bulan Januari – Desember 2015.
3. Fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan adalah *trapezoidal*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Diagram Kontrol Demerit

Diagram kontrol demerit merupakan diagram kontrol dimana jenis cacat dikategorikan menjadi beberapa kelas menurut tingkat kepentingan cacatnya (Ramadhani, Yuciana, & Suparti, 2014). Pola cacat produk secara umum berdasarkan bobot cacatnya dapat diberikan sebagai berikut (Montgomery, 2009).

1. Cacat kelas A (*Very Serious*), yaitu unit secara keseluruhan memiliki kecacatan yang tidak akan mudah diperbaiki, selain itu cacat pada unit dapat menyebabkan luka perseorangan atau kerusakan properti.
2. Cacat kelas B (*Serious*), yaitu unit akan meningkatkan biaya perawatan dan bisa mengalami cacat operasional kelas A sehingga mengurangi daya hidup produk.
3. Cacat kelas C (*Moderately Serious*), yaitu unit kemungkinan akan menyebabkan kegagalan dalam pelayanan, atau menimbulkan masalah yang tidak terlalu serius dibanding kegagalan operasional.
4. Cacat kelas D (*Minor*), yaitu unit memiliki ketidaksempurnaan dalam bentuk akhir, penampilan atau kualitas pekerjaan sehingga tidak akan menyebabkan kegagalan dalam pelayanan.

Jumlah cacat terboboti untuk masing-masing kelas dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah cacat terboboti kelas A} &: w_A \cdot c_A \\ \text{Jumlah cacat terboboti kelas B} &: w_B \cdot c_B \\ \text{Jumlah cacat terboboti kelas C} &: w_C \cdot c_C \\ \text{Jumlah cacat terboboti kelas D} &: w_D \cdot c_D \end{aligned} \tag{2.1}$$

dimana c_A, c_B, c_C , dan c_D merupakan jumlah cacat untuk masing-masing kelas A, B, C, dan D, serta w_A, w_B, w_C , dan w_D masing-masing menunjukkan bobot cacat pada masing-masing kategori kelas cacat. Setelah itu dilanjutkan dengan menghitung jumlah

cacat terboboti untuk masing-masing subgrup pengamatan menggunakan persamaan berikut.

$$D_i = w_A \cdot c_{iA} + w_B \cdot c_{iB} + w_C \cdot c_{iC} + w_D \cdot c_{iD} ; i = 1, 2, \dots, m \quad (2.2)$$

Nilai rata-rata cacat per unit pemeriksaan (u_i) untuk masing-masing subgrup pengamatan yang berjumlah m subgrup diperoleh dengan cara membagi jumlah cacat terboboti untuk masing-masing subgrup (D_i) dengan banyaknya sampel pada subgrup pengamatan (n_i) tersebut, dimana rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$u_i = \frac{D_i}{n_i} ; i = 1, 2, \dots, m \quad (2.3)$$

Sedangkan jumlah rata-rata cacat per unit untuk jenis cacat terboboti secara keseluruhan (\bar{u}), diperoleh menggunakan persamaan:

$$\bar{u} = w_A \bar{u}_A + w_B \bar{u}_B + w_C \bar{u}_C + w_D \bar{u}_D \quad (2.4)$$

dimana nilai (\bar{u}) selanjutnya digambarkan sebagai *center line* pada diagram kontrol demerit. Sementara itu, nilai dari batas kontrol dapat digambarkan melalui UCL (*Upper Control Limit*) dan LCL (*Lower Control Limit*) sebagai:

$$\begin{aligned} \text{Upper Control Limit (UCL)} &= \bar{u} + 3\hat{\sigma}_u \\ \text{Control Limit (CL)} &= \bar{u} \\ \text{Lower Control Limit (LCL)} &= \bar{u} - 3\hat{\sigma}_u \end{aligned} \quad (2.5)$$

dengan nilai $\hat{\sigma}_u$ adalah:

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\frac{w_A^2 \bar{u}_A + w_B^2 \bar{u}_B + w_C^2 \bar{u}_C + w_D^2 \bar{u}_D}{n}} \quad (2.6)$$

dimana \bar{u}_A , \bar{u}_B , \bar{u}_C , dan \bar{u}_D menunjukkan rata-rata cacat per unit untuk kategori A, B, C, dan D yang diperoleh dengan rumus:

$$\begin{aligned} \bar{u}_A &= \frac{\sum_{i=1}^m c_{iA}}{\sum_{i=1}^m n_i} \\ \bar{u}_B &= \frac{\sum_{i=1}^m c_{iB}}{\sum_{i=1}^m n_i} \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\bar{u}_C = \frac{\sum_{i=1}^m c_{iC}}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

$$\bar{u}_D = \frac{\sum_{i=1}^m c_{iD}}{\sum_{i=1}^m n_i}$$

dengan $i = 1, 2, \dots, m$.

Struktur data pada diagram kontrol demerit dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Struktur Data Diagram Kontrol Demerit

Subgrup	n	Kategori Cacat				Demerit (D_i)	u_i
		A	B	C	D		
1	n_1	c_{1A}	c_{1B}	c_{1C}	c_{1D}	D_1	u_1
2	n_2	c_{2A}	c_{2B}	c_{2C}	c_{2D}	D_2	u_2
3	n_3	c_{3A}	c_{3B}	c_{3C}	c_{3D}	D_3	u_3
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
i	n_i	c_{iA}	c_{iB}	c_{iC}	c_{iD}	D_i	u_i
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
m	n_m	c_{mA}	c_{mB}	c_{mC}	c_{mD}	D_m	u_m
Jumlah	$\sum_{i=1}^m n_i$	$\sum_{i=1}^m c_{iA}$	$\sum_{i=1}^m c_{iB}$	$\sum_{i=1}^m c_{iC}$	$\sum_{i=1}^m c_{iD}$		

Keterangan:

- c_{iA} : jumlah cacat kategori A (*very serious*) pada pengamatan ke- i
 c_{iB} : jumlah cacat kategori B (*serious*) pada pengamatan ke- i
 c_{iC} : jumlah cacat kategori C (*moderately serious*) pada pengamatan ke- i
 c_{iD} : jumlah cacat kategori D (*minor*) pada pengamatan ke- i
 D_i : jumlah cacat yang telah dilakukan pembobotan pada pengamatan ke- i
 u_i : jumlah rata-rata cacat per unit pada pengamatan ke- i dengan $i = 1, 2, \dots, m$

2.2 Logika Fuzzy

Pada tahun 1965, Lotfi A. Zadeh memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* yang dapat digunakan untuk merepresentasikan masalah yang mengandung ketidakjelasan atau kesamaran (*vagueness*). Teori himpunan *fuzzy* merupakan kerangka matematis yang digunakan untuk merepresentasikan ketidakpastian, ketidakjelasan, ketidaktepatan, kekurangan informasi, dan kebenaran parsial. Pada teori himpunan *fuzzy*, komponen utama yang sangat berpengaruh adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan merepresentasikan derajat kedekatan suatu obyek terhadap atribut tertentu (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006).

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu linguistik dan numeris. Linguistik memiliki arti bahwa penamaan suatu grup menggunakan bahasa yang alami, dimana grup tersebut mewakili suatu keadaan tertentu, seperti: Muda, Parobaya, dan Tua. Sedangkan numeris memiliki arti suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 40, 25, 50, dsb. Selain itu ada beberapa istilah yang perlu diketahui dalam logika *fuzzy*, antara lain: variabel *fuzzy* dan himpunan *fuzzy*. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang menjadi pokok bahasan dalam suatu sistem *fuzzy*, contoh: umur, temperatur, dsb. Sedangkan yang dimaksud dengan himpunan *fuzzy* adalah suatu kelompok yang mewakili kondisi tertentu dalam variabel *fuzzy* (Kusumadewi, 2003).

Pada dasarnya, teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik (*crisp*). Pada teori himpunan klasik (*crisp*), keberadaan suatu elemen pada suatu himpunan, A , hanya akan memiliki dua kemungkinan keanggotaan, yaitu menjadi anggota A atau tidak menjadi anggota A . Suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar tingkat keanggotaan suatu elemen (x) dalam suatu himpunan A , sering dikenal dengan nama nilai keanggotaan atau derajat keanggotaan, dinotasikan dengan $\mu_A(x)$. Pada himpunan klasik, hanya ada dua nilai keanggotaan, yaitu $\mu_A(x) = 1$ untuk x merupakan anggota A , dan $\mu_A(x) = 0$ untuk x

bukan anggota dari A (Kusumadewi, Hartati, Harjoko, & Wardoyo, 2006).

Contoh :

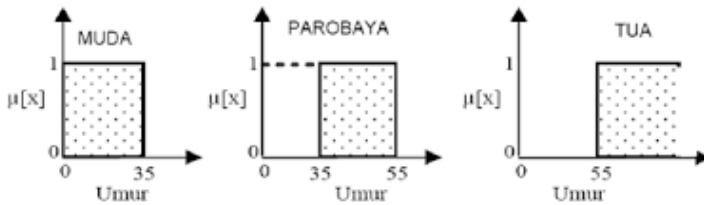
Misalkan diketahui variabel umur yang dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

Muda : umur < 35 tahun

Parobaya : $35 \leq \text{umur} \leq 55$ tahun

Tua : umur > 55 tahun

Nilai keanggotaan secara grafis, himpunan Muda, Parobaya, dan Tua dapat dilihat pada Gambar 2.1.



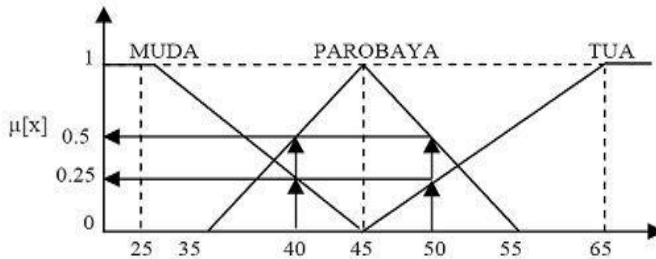
Gambar 2.1 Himpunan Klasik Muda, Parobaya, dan Tua

Berdasarkan himpunan klasik beberapa kesimpulan yang dapat dibuat adalah:

- apabila seseorang berusia 34 tahun, maka ia dikatakan Muda ($\mu_{Muda}(34) = 1$)
- apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan Tidak Muda ($\mu_{Muda}(35) = 0$)
- apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan Parobaya ($\mu_{Parobaya}(35) = 1$)

Keputusan yang didapat dari penggunaan himpunan klasik menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan adanya perubahan kecil saja, sehingga pemakaian himpunan klasik dianggap kurang bijaksana dalam penentuan suatu variabel. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengatasi hal tersebut. Pada himpunan *fuzzy*, seseorang dapat masuk dalam dua himpunan

yang berbeda, misal Muda dan Parobaya, berdasarkan seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut yang dapat dilihat dari nilai keanggotaan. Ilustrasi dari penggunaan himpunan *fuzzy* ditunjukkan pada Gambar 2.2.

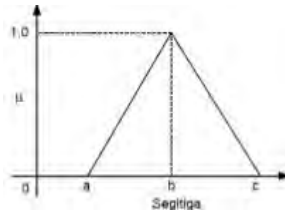


Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* Muda, Parobaya, dan Tua

Berdasarkan himpunan *fuzzy* beberapa kesimpulan yang dapat dibuat adalah:

- apabila seseorang berusia 40 tahun, maka ia termasuk dalam himpunan Muda ($\mu_{Muda}(40) = 0,25$), namun ia juga termasuk dalam himpunan Parobaya ($\mu_{Parobaya}(40) = 0,5$)
- apabila seseorang berusia 50 tahun, maka ia termasuk dalam himpunan Parobaya ($\mu_{Parobaya}(50) = 0,25$), namun ia juga termasuk dalam himpunan Tua ($\mu_{Tua}(50) = 0,5$)

Dalam himpunan *fuzzy* dikenal istilah fungsi keanggotaan (*membership function*), yaitu suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah melalui pendekatan fungsi. Terdapat beberapa fungsi yang dapat digunakan, namun yang sering digunakan adalah representasi kurva *triangular* dan *trapezoidal*. Kurva *triangular* merupakan gabungan antara 2 garis (linear) seperti terlihat pada Gambar 2.3.

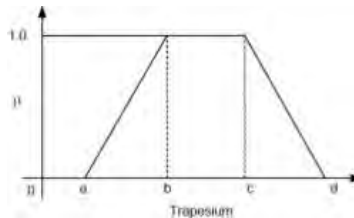


Gambar 2.3 Kurva Segitiga (*Triangular*)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ \frac{x-b}{c-b} & ; b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.8)$$

Sumbu vertikal pada Gambar 2.3 mewakili derajat keanggotaan (μ) sedangkan sumbu horizontal mewakili observasi. Kurva *trapezoidal* pada dasarnya sama seperti kurva *triangular*, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Kurva Trapezium (*Trapezoidal*)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a} & ; a \leq x \leq b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & ; x \geq c \end{cases} \quad (2.9)$$

2.3 Diagram Kontrol Fuzzy U

Dalam proses produksi sering ditemukan produk cacat dan tidak memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan. Diantara produk cacat tersebut kerap kali terdapat suatu kesamaran apakah produk cacat termasuk ke dalam kategori parah atau tidak. Diagram kontrol *fuzzy* berperan dalam pengendalian kualitas yang mengandung kesamaran (*vagueness*), seperti kasus cacat produk tersebut.

Diagram kontrol shewart merupakan alat statistika yang berperan penting dalam proses inspeksi dan pengendalian kualitas produksi. Pada diagram kontrol shewart, konsep dari suatu kualitas produk direpresentasikan ke dalam bentuk biner (1 dan 0) untuk mewakili produk yang sesuai dengan kualifikasi perusahaan dan tidak sesuai kualifikasi. Klasifikasi bentuk biner tersebut dianggap kurang mampu memberikan hasil yang maksimal dan memuaskan dalam banyak situasi, sehingga diperkenalkan lah diagram kontrol berbasis *fuzzy*. Salah satu diagram kontrol yang menggunakan konsep *fuzzy* adalah *Fuzzy U*. Apabila ditemukan kesamaran dalam data, maka data tersebut dikonversi ke dalam *trapezoidal fuzzy number* dengan menggunakan pendekatan *fuzzy mode* (Darestani, Tadi, Taheri, & Raeiszadeh, 2014). Tabel 2.2 menampilkan perbandingan antara diagram kontrol shewart dan diagram kontrol *fuzzy* (Gulbay & Kahraman, 2006 & 2007).

Tabel 2.2 Perbandingan Diagram Kontrol Shewart dan *Fuzzy*

Karakteristik Pembanding	Diagram Kontrol Shewart	Diagram Kontrol <i>Fuzzy</i>
Jumlah karakteristik kualitas	Hanya memiliki satu karakteristik kualitas	Memiliki banyak karakteristik kualitas
Ketersediaan dan jenis data	Data tersedia secara lengkap dan jelas	Data mengandung kesamaran, ketidakjelasan, dan informasi yang tidak lengkap
Informasi yang digunakan	Data masa lalu	Pengalaman dan pendapat para ahli
Keputusan	<i>In control</i> atau <i>out of control</i>	Menggunakan keputusan linguistik

Pada diagram kontrol U , rata-rata jumlah cacat yang terjadi setiap subgrup (Montgomery, 2009) adalah:

$$\begin{aligned} u_i &= \frac{c_i}{n_i} \\ \bar{u} &= \frac{\sum_{i=1}^m u_i}{m} \end{aligned} \quad (2.10)$$

dimana c adalah jumlah cacat per unit pemeriksaan dan m merupakan jumlah subgrup. Batas-batas diagram kontrol u dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Upper Control Limi (UCL)} &= \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \\ \text{Center Line (CL)} &= \bar{u} \\ \text{Lower Control Limit (LCL)} &= \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \end{aligned} \quad (2.11)$$

Pada kasus *fuzzy* yang mengandung kesamaran, setiap sampel atau subgrup direpresentasikan ke dalam *trapezoidal* atau *triangular fuzzy number*. Pada kasus *trapezoidal*, rata-rata jumlah cacat per unit selanjutnya dianggap sebagai *trapezoidal fuzzy number* (a, b, c, d). *Center Line* (CL) merupakan rata-rata dari *fuzzy samples* dan ditunjukkan sebagai $(\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$ dimana $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}$ adalah rata-rata dari a, b, c, d (Gulbay & Kahraman, 2006 & 2007) yang ditunjukkan pada persamaan:

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right) \\ &= (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) \end{aligned} \quad (2.12)$$

dimana m adalah jumlah subgrup pengamatan.

Batas kontrol CL, LCL, dan UCL selanjutnya dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$CL = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d}) = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned}
LCL &= CL - 3 \sqrt{\frac{CL}{n}} = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) \\
&\quad - 3 \sqrt{\frac{(CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)}{n}} \\
&= (CL_1 - 3 \sqrt{\frac{CL_1}{n}}, CL_2 - 3 \sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 - 3 \sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_4 \\
&\quad - 3 \sqrt{\frac{CL_4}{n}}) \\
&= (LCL_1, LCL_2, LCL_3, LCL_4)
\end{aligned} \tag{2.14}$$

$$\begin{aligned}
UCL &= CL + 3 \sqrt{\frac{CL}{n}} = (CL_1, CL_2, CL_3, CL_4) \\
&\quad + 3 \sqrt{\frac{(CL_1, CL_2, CL_3, CL_4)}{n}} \\
&= (CL_1 + 3 \sqrt{\frac{CL_1}{n}}, CL_2 + 3 \sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 + 3 \sqrt{\frac{CL_3}{n}}, CL_4 \\
&\quad + 3 \sqrt{\frac{CL_4}{n}}) \\
&= (UCL_1, UCL_2, UCL_3, UCL_4)
\end{aligned} \tag{2.15}$$

Terdapat beberapa pendekatan pada diagram kontrol *fuzzy*, yaitu *fuzzy mode*, *fuzzy midrange*, *fuzzy median*, dan *fuzzy average*. Pada pendekatan *fuzzy mode*, *fuzzy mode* dari himpunan *fuzzy* (fmod) merupakan nilai dari variabel dasar, x , dimana nilai keanggotaan sama dengan 1. Karena fungsi keanggotaan dari *trapezoidal* bersifat multimodal, maka *fuzzy mode* merupakan himpunan titik-titik yang terletak antara b dan c , $[b, c]$. UCL, CL, dan LCL pada Persamaan 2.13 sampai 2.15 selanjutnya ditransformasi menggunakan *fuzzy mode* untuk menentukan batas kontrol pada diagram (Gulbay & Kahraman, 2006 & 2007) yang dijelaskan pada persamaan berikut.

$$S_{mod,j} = [b_j, c_j] \quad (2.16)$$

$$CL_{mod} = f_{mod}(CL) = (CL_2, CL_3) \quad (2.17)$$

$$\begin{aligned} LCL_{mod} &= CL_{mod} - 3 \sqrt{\frac{CL_{mod}}{n}} \\ &= (CL_2 - 3 \sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 - 3 \sqrt{\frac{CL_3}{n}}) \\ &= (LCL_2, LCL_3) \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} UCL_{mod} &= CL_{mod} + 3 \sqrt{\frac{CL_{mod}}{n}} \\ &= (CL_2 + 3 \sqrt{\frac{CL_2}{n}}, CL_3 + 3 \sqrt{\frac{CL_3}{n}}) \\ &= (UCL_2, UCL_3) \end{aligned} \quad (2.19)$$

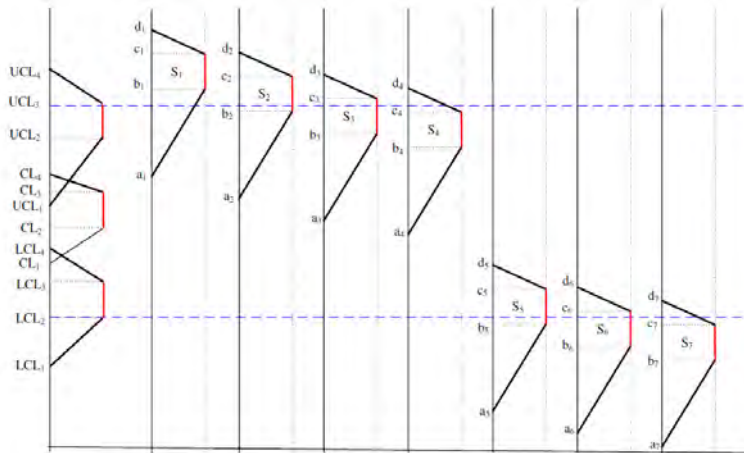
Setelah melakukan perhitungan batas kontrol, *fuzzy mode* pada setiap sampel ($S_{mod,j}$) dibandingkan dengan batas kontrol dimana keputusan akan dibuat dalam bentuk *in control* dan *out of control*. Jika dalam suatu himpunan $S_{mod,j}$ secara keseluruhan berada dalam lingkup batas kontrol, maka suatu sampel j dikatakan *in control*, dan jika sebaliknya maka keputusan yang diambil adalah *out of control*. Sedangkan pada sampel *fuzzy mode* yang sebagian daerahnya masuk ke dalam batas kontrol, persentase dari daerah yang masuk ke dalam batas kontrol (β_j) dapat dibandingkan dengan persentase penerimaan awal (β), sehingga selanjutnya dapat ditentukan keputusan yang diambil *rather in control* jika $\beta_j \geq \beta$ atau *rather out of control* jika $\beta_j < \beta$ dimana:

$$\beta_j = \begin{cases} 0 & ; b_j \geq UCL_3 \\ \frac{UCL_3 - b_j}{c_j - b_j} & ; (LCL_2 \leq b_j \leq UCL_3) \wedge (c_j \geq UCL_3) \\ 1 & ; (b_j \geq LCL_2) \wedge (c_j \leq UCL_3) \\ \frac{LCL_2 - b_j}{c_j - b_j} & ; (b_j \leq LCL_2) \wedge (LCL_2 \leq c_j \leq UCL_3) \\ 0 & ; c_j \leq LCL_2 \end{cases} \quad (2.20)$$

sehingga keputusan dari kontrol proses diberikan sebagai berikut.

$$\text{Kontrol proses} = \begin{cases} \text{in control} & ; \beta_j = 1 \ (b_j \geq LCL_2 \wedge c_j \leq UCL_3) \\ \text{out of control} & ; \beta_j = 0 \ (b_j \geq UCL_3 \vee c_j \leq LCL_2) \\ \text{rather in control} & ; \beta_j \geq \beta \\ \text{rather out of control} & ; \beta_j < \beta \end{cases} \quad (2.21)$$

Gambar 2.5 menunjukkan contoh pengambilan keputusan kontrol proses berdasarkan daerah sampel S_j , dimana $j = 1, 2, \dots, 7$.



Gambar 2.5 Daerah Sampel S_j

Berdasarkan Gambar 2.5 keputusan kontrol proses yang diperoleh adalah:

- S_1, S_7 dikatakan *out of control*, karena keseluruhan daerah himpunan *mode* dari S_1 dan S_7 berada di luar batas kontrol *fuzzy*
- S_2, S_6 dikatakan *rather out of control*, karena sebagian besar daerah himpunan *mode* dari S_2 dan S_6 berada di luar batas kontrol *fuzzy*
- S_3, S_5 dikatakan *rather in control*, karena sebagian besar daerah himpunan *mode* dari S_3 dan S_5 berada di dalam batas kontrol *fuzzy*
- S_4 dikatakan *in control*, karena keseluruhan daerah himpunan *mode* dari S_4 berada di dalam batas kontrol *fuzzy*

Untuk menentukan bobot yang selanjutnya digunakan membentuk *fuzzy number* pada diagram kontrol *fuzzy*, digunakan transformasi dengan *crisp score*. *Crisp score* dapat memboboti setiap kategori cacat berdasarkan tingkat keparahan cacatnya. Tabel 2.3 berikut menunjukkan *crisp score* untuk nilai *fuzzy* yang digunakan (Tong & Su, 1997).

Tabel 2.3 *Crisp score* untuk nilai *fuzzy*

Scale	1	2	3	4	5	6	7	8
No. of term used	two	three	five	five	six	seven	nine	eleven
Extremely high								0,954
Very high			0,909		0,917	0,909	0,917	0,864
High-very high							0,875	0,701
High	0,750	0,833	0,717	0,885	0,750	0,733	0,750	0,667
Fairly high				0,700	0,584		0,63	
Mol high						0,637		0,590
Medium	0,583	0,500	0,500	0,500		0,500	0,500	0,500
Mol low						0,363		0,410
Fair low				0,300	0,416		0,370	
Low		0,166	0,283	0,115	0,250	0,227	0,250	0,333
Very-very low							0,125	0,299
Very low			0,091		0,083	0,091	0,083	0,136
None								0,046

2.4 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah grafik yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan. Diagram pareto ini merupakan suatu gambaran yang mengurutkan klasifikasi data dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan yang paling penting untuk segera diselesaikan (ranking tertinggi) sampai dengan masalah yang tidak harus segera diselesaikan (ranking terendah). Selain itu, diagram pareto juga dapat mengidentifikasikan masalah yang paling penting yang mempengaruhi usaha perbaikan kualitas (Besterfield, 2009).

2.5 Proses Produksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo

Proses yang digunakan dalam pembuatan kaca di PT. Ashimas Flat Glass Tbk. adalah dengan menggunakan metode *float*. Dalam proses ini cairan kaca dialirkan ke permukaan cairan timah, selanjutnya cairan kaca akan mengambang dan menutupi permukaan cairan timah. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan densitas dari kedua cairan. Secara garis besar proses produksi dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Persiapan bahan baku

Proses persiapan bahan baku dimulai dengan pengangkutan bahan baku, dimana proses ini harus terlindung dari kontaminasi bahan berbahaya, seperti kandungan logam nikel. Bahan baku juga harus dikontrol, mulai dari komposisi, ukuran partikel, maupun kandungan air yang ada didalamnya. Penyimpanan bahan baku juga harus sesuai dengan sifat fisik dan sifat kimia bahan baku tersebut sehingga selalu terjaga dan tidak mempengaruhi atau merusak kualitas bahan baku. Bahan baku pembuatan kaca

terdiri dari *batch* dan *cullet*. *Batch* meliputi bahan-bahan utama (*silica sands*, dll), bahan tambahan (*feldspar*, dll), dan bahan lainnya (Fe_2O_3 , dll). Sedangkan *cullet* merupakan serpihan-serpihan kaca yang didapatkan dari sisa proses produksi kaca dan *supply* dari luar PT. Asahimas Flat Glass Tbk.

2. Proses pencampuran bahan baku (*mixing process*)

Kaca yang diproduksi oleh PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo *Factory* adalah kaca jenis *soda line silica glass*. Kaca yang diproduksi di perusahaan ini terdiri dari berbagai jenis dan warna yang memiliki komposisi pendukung beragam. Semua komposisi kimia dalam kaca berbentuk oksida atau senyawa yang mengandung unsur oksigen. Setiap *Kind of Glass* (KOG) memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda sesuai kebutuhan target operasi yang ditetapkan. Tujuan pencampuran bahan baku pada tahap ini adalah untuk mendapatkan campuran antara material yang satu dengan material yang lain serta dengan *cullet* yang homogen karena kehomogenan sangat berpengaruh pada proses peleburan dan kualitas produk yang dihasilkan.

3. Proses peleburan (*melting process*)

Proses peleburan merupakan proses untuk mengubah bahan campuran *batch* dan *cullet* menjadi cairan kaca (*molten glass*) yang siap dibentuk. Proses peleburan kaca berlangsung dalam suatu tungku panas (*furnace*) dengan suhu $\geq 1600^\circ\text{C}$. Kejadian pada proses peleburan adalah kejadian alamiah, dimana terjadi perubahan fase, yaitu perubahan dari fase padat ke cair. Beberapa zat berubah dari padat ke gas atau cair ke gas. Perubahan fase ini bersifat endotermik atau memerlukan panas atau energi.

4. Proses pembentukan kaca (*drawing process*)

Proses pembentukan kaca atau yang disebut juga sebagai proses *drawing* merupakan sebuah proses untuk membentuk *molten glass* yang berasal dari *melting process* menjadi kaca lembaran. Pembentukan kaca ini mengatur tebal tipisnya kaca dan lebar kaca yang dibutuhkan. Secara alamiah, jika *molten glass* dituangkan ke permukaan yang rata seperti timah cair yang digunakan pada PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo *Factory*

di dalam *metal bath*, maka *molten glass* akan membentuk kaca dengan tebal sekitar 6,7 mm. Kaca relatif elastis saat masih berbentuk *molten glass*, sehingga kaca bisa ditarik dan ditebalkan sesuai produksi yang akan dipasarkan sehingga mendapatkan ketebalan dan lebar kaca yang diinginkan.

5. Proses pendinginan (*annealing and cooling process*)

Kaca merupakan material yang bersifat *amorphous*, dimana pada suhu tertentu kaca bersifat keras dan kaku, tetapi apabila terus dipanaskan akan menjadi kental dan akhirnya menjadi cairan. Sedangkan apabila didinginkan akan terjadi proses sebaliknya, kaca berubah dari cairan ke kondisi padat dan kaku. Kaca yang telah terbentuk dari *metal bath* selanjutnya mengalami proses pendinginan, dimana dilakukan penurunan suhu secara bertahap untuk mencegah adanya distorsi. Pendinginan ini tidak semata-mata sekedar didinginkan saja karena proses ini mempengaruhi fisik kaca secara luas. Target dari operasi pendinginan kaca di *lehr* antara lain agar kaca tidak pecah, mudah dipotong, dan juga tidak bergelombang atau *bowing*.

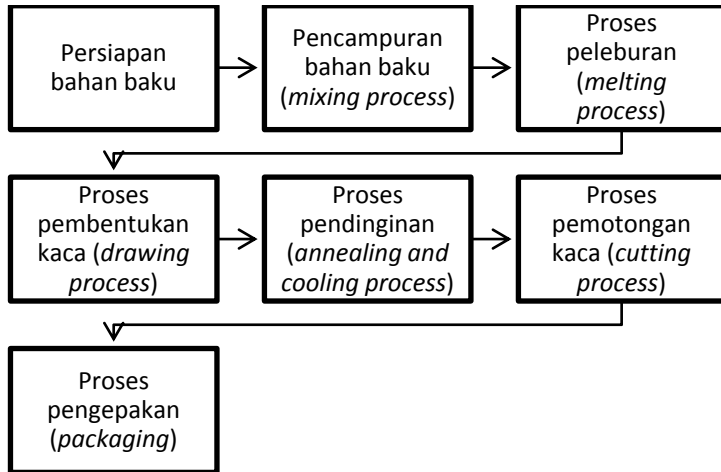
6. Proses pemotongan kaca (*cutting process*)

Proses pemotongan bertujuan untuk mendapatkan produk kaca sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Dalam proses pemotong kaca perlu diperhatikan angka kekerasan kaca sehingga alat pemotong kaca harus memiliki kekerasan yang lebih tinggi. Pemotongan ini dilakukan oleh *cutting section* yang tugasnya meliputi pemotongan langsung (*cutting on line*) dan pemotongan tidak langsung (*cutting off line*). Kaca yang tidak memenuhi standar akan dimasukkan ke *pallet* untuk kemudian dikirim ke bagian *One Man Machine* (OMM). Selanjutnya kaca tersebut akan dipotong kembali dengan ukuran kecil.

7. Proses pengepakan (*packing*)

Proses pengepakan bertujuan untuk mengemas produk kaca di dalam *box* atau *pallet* dan menjaga kualitas produk sampai ke tujuan pengiriman. Kaca-kaca yang telah dipotong sesuai dengan ukuran yang dikehendaki selanjutnya dikemas dalam *box*.

Secara ringkas proses produksi kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses Produksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Departemen *Quality Control* PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo selama Bulan Januari – Desember 2015. Interval waktu pengambilan sampel untuk inspeksi berbeda-beda sesuai dengan jenis kacanya. Pada kaca *automotive* tipe *laminated*, pengambilan sampel dilakukan setiap dua jam sekali dengan sampel sebanyak 10 – 22 kaca. Kaca *automotive* tipe *laminated* merupakan jenis kaca yang digunakan untuk kaca bagian depan (*front window*) pada mobil, selain itu, kaca *laminated* tersusun atas 3 lapisan sehingga apabila terjadi benturan yang melibatkan kaca depan mobil, maka kaca jenis ini hanya mengalami keretakan dan tidak akan pecah berkeping-keping.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah cacat pada produk kaca yang terjadi selama proses produksi. Jenis cacat (*defect*) di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. dibedakan menjadi dua, yaitu cacat primer (*primary defect*) dan cacat sekunder (*secondary defect*).

1. Cacat primer (*primary defect*)

Primary defect adalah cacat yang terjadi saat proses peleburan (*melting process*) dan proses pembentukan (*drawing process*) yang tidak sempurna. Jenis cacat yang digolongkan dalam cacat primer adalah :

- a. *Bubble*, adalah kecacatan kaca berupa gelembung pada kaca yang terjadi pada saat proses peleburan di *melter* ataupun pembentukan kaca pada *metal bath*.
- b. *Inclusion*, adalah kecacatan kaca karena terdapat jenis batuan kecil di dalam kaca akibat proses peleburan bahan baku yang kurang sempurna.

- c. *Drip*, adalah kecacatan kaca karena suatu benda atau cairan asing yang menetes pada permukaan kaca.
- d. *Tin pick up*, adalah kecacatan kaca berupa butiran timah yang melekat pada kaca.
- e. *Other primary defect*, adalah kecacatan lainnya yang terjadi saat proses peleburan dan pembentukan kaca seperti *ream*, *rollmark*, dan *dross*.

2. Cacat sekunder (*secondary defect*)

Secondary defect adalah cacat yang terjadi saat proses pemotongan (*cutting process*) dan proses pengepakan (*packing*). Jenis cacat yang termasuk dalam cacat sekunder adalah:

- a. *Cullet*, adalah cacat karena menempelnya potongan kaca yang diakibatkan cacat *chipping*.
- b. *Pushmark*, adalah cacat karena *cullet* yang menempel pada kaca tertindih dengan kaca yang lainnya.
- c. *Chipping*, adalah cacat gumpil pada sudut potong kaca.
- d. *Scratch*, adalah cacat berupa goresan pada permukaan kaca karena gesekan benda tajam.
- e. *Other secondary defect*, adalah jenis cacat lainnya yang terjadi saat proses pemotongan dan pengepakan kaca seperti *distortion*, *crack*, *flare*, dan *water stain*.

Selain itu, *defect* untuk data atribut juga dibedakan menjadi dua berdasarkan tingkat keparahan cacat, yaitu *standard defect* dan *unstandard defect*. *Standard defect* merupakan cacat yang masih dalam batas toleransi PT. Asahimas Flat Glass Tbk sehingga apabila terdapat kaca lembaran dengan *standard defect*, kaca tersebut masih layak untuk didistribusikan kepada *customer*. Sedangkan *unstandard defect* merupakan cacat yang melebihi batas toleransi PT. Asahimas Flat Glass Tbk sehingga kaca lembaran dengan *unstandard defect* akan di-*reject* atau tidak dapat didistribusikan kepada *customer*.

Spesifikasi kecacatan produk yang dikategorikan *standard defect* dan *unstandard defect* dijelaskan sebagai berikut.

- TPU : < 0,3 mm dikategorikan *standard defect*, > 0,3 mm dikategorikan *unstandard defect*.

- *Bubble, stone, drip, fine drip* : core < 0,5 dan distorsi < 0.8 mm dikategorikan *standard defect*, di atas itu dikategorikan *unstandard defect*
- *Cullet* lengket : < 0,6 mm dikategorikan *standard defect*, > 0,6 mm dikategorikan *unstandard defect*.
- *Pushmark* : < 0,6 mm dikategorikan *standard defect*, > 0,6 mm dikategorikan *unstandard defect*.
- *Chipping* : lebih kecil dari setengah tebal kaca dikategorikan *standard defect*, lebih dari itu dikategorikan *unstandard defect*.
- *Light scratch* : tebal maksimum 0,1 mm dan panjang < 15 cm dikategorikan *standard defect*, di atas itu dikategorikan *unstandard defect*.
- *Middle scratch* : tebal maksimum 0,2 mm dan panjang maksimum 10 mm dikategorikan *standard defect*, di atas itu dikategorikan *unstandard defect*.
- *Heavy scratch* : tebal maksimum 0,3 mm dan panjang maksimum 3 mm dikategorikan *standard defect*, di atas itu dikategorikan *unstandard defect*.

Struktur data pada inspeksi kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Struktur Data Inspeksi Kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo

Sub grup	Kategori Cacat											
	<i>Standard Defect</i>						<i>Unstandard Defect</i>					
	<i>Primary</i>			<i>Secondary</i>			<i>Primary</i>			<i>Secondary</i>		
	C_1	...	C_9	C_{10}	...	C_{18}	C_{19}	...	C_{23}	C_{24}	...	C_{28}
1	X_{11}	...	X_{19}	X_{110}	...	X_{118}	X_{119}	...	X_{123}	X_{124}	...	X_{128}
2	X_{21}	...	X_{29}	X_{210}	...	X_{218}	X_{219}	...	X_{223}	X_{224}	...	X_{228}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	X_{i1}	...	X_{i9}	X_{i10}	...	X_{i18}	X_{i19}	...	X_{i23}	X_{i24}	...	X_{i28}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	X_{m1}	...	X_{m9}	X_{m10}	...	X_{m18}	X_{m19}	...	X_{m23}	X_{m24}	...	X_{m28}

dimana:

C_k : jenis cacat kaca

X_{ik} : jumlah cacat pada setiap jenis cacat subgroup ke-i

Selanjutnya dihitung jumlah cacat dari setiap kategori pada setiap subgrup sehingga struktur data yang terbentuk pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Struktur Data Analisis

Subgrup	a	b	c	d
1	D_{1a}	D_{1b}	D_{1c}	D_{1d}
2	D_{2a}	D_{2b}	D_{2c}	D_{2d}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
i	D_{ia}	D_{ib}	D_{ic}	D_{id}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
m	D_{ma}	D_{mb}	D_{mc}	D_{md}

dimana:

D_{ia} : jumlah cacat kategori *standard primary defect* pada pengamatan ke-i

D_{ib} : jumlah cacat kategori *standard secondary defect* pada pengamatan ke-i

D_{ic} : jumlah cacat kategori *ustandard primary defect* pada pengamatan ke-i

D_{id} : jumlah cacat kategori *ustandard secondary defect* pada pengamatan ke-i

Pada diagram kontrol demerit dan *fuzzy u*, kategori cacat dibagi menjadi empat kategori seperti yang telah ditetapkan oleh perusahaan sehingga terbentuk empat kelas cacat yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Kategori Kelas Cacat pada Diagram Kontrol Demerit dan *Fuzzy U*

Kelas Cacat	Jenis Cacat
A <i>Unstandard primary defect</i>	<i>Bubble, Inclusion, Drip distortion, Drip material, Inlet drip, Fine drip, TPU, Other primary, Black bubble</i>
B <i>Unstandard secondary defect</i>	<i>Cullet, Pushmark, Chipping, Scratch, Other secondary</i>
C <i>Standard primary defect</i>	<i>Bubble, Inclusion, Drip distortion, Drip material, Inlet drip, Fine drip, TPU, Other primary, Black bubble</i>
D <i>Standard secondary defect</i>	<i>Cullet, Pushmark, Chipping, Scratch, Other secondary</i>

3.3 Langkah Analisis

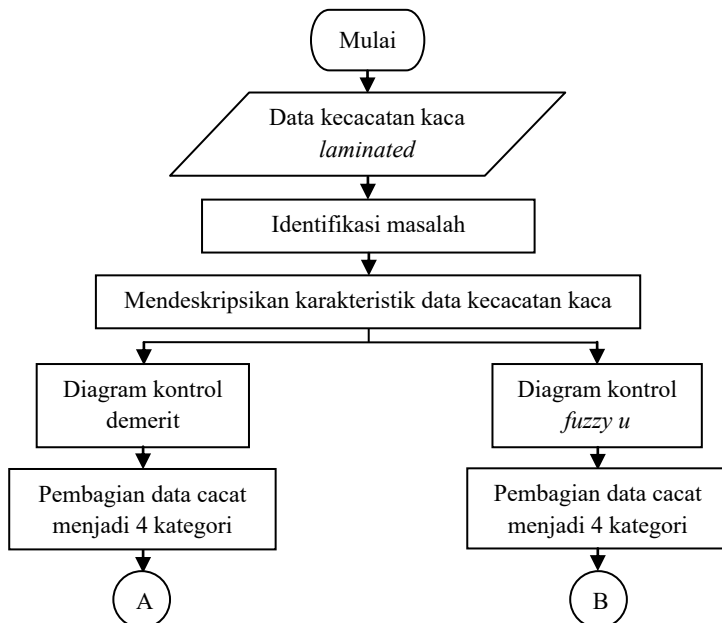
Langkah analisis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

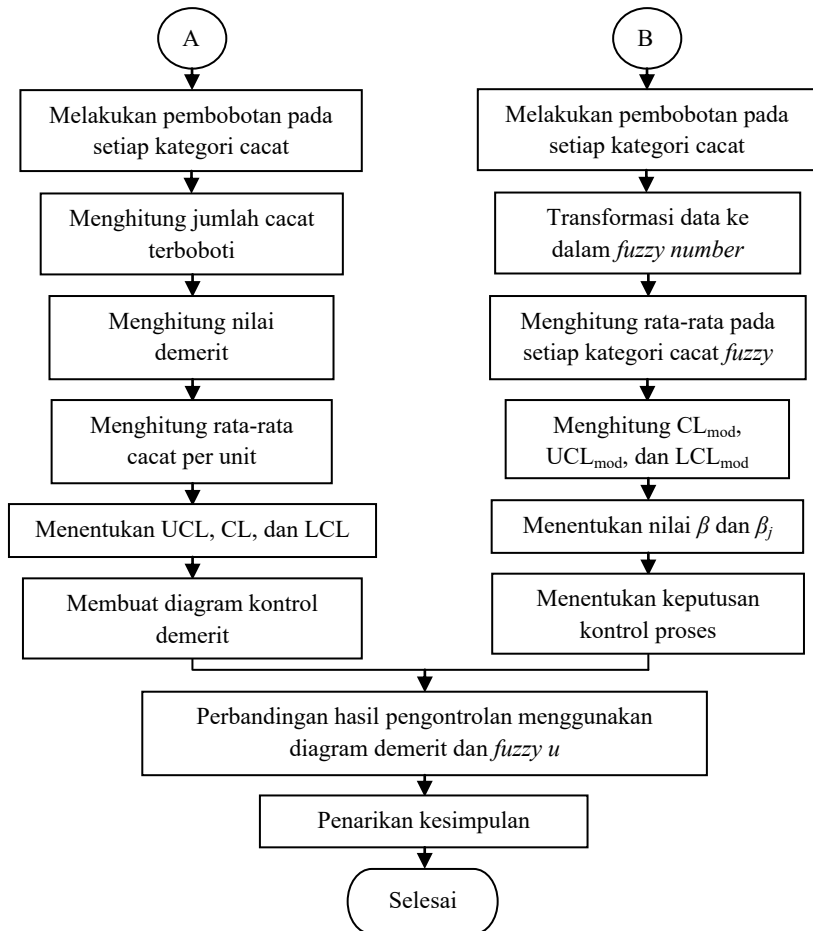
1. Mendeskripsikan karakteristik data kecacatan kaca *automotive tipe laminated*
2. Membuat diagram kontrol demerit
 - a. Mengidentifikasi data inspeksi cacat kaca *automotive tipe laminated* menjadi 4 kategori cacat, yaitu *standard primary defect*, *standard secondary defect*, *unstandard primary defect*, dan *unstandard secondary defect*
 - b. Memberikan bobot pada data atribut untuk setiap kategori kelas cacat sesuai dengan tingkat keparahannya
 - c. Menghitung jumlah cacat terboboti untuk setiap kelas menggunakan persamaan (2.1)
 - d. Menghitung jumlah cacat terboboti pada setiap subgrup menggunakan persamaan (2.2)
 - e. Menghitung rata-rata cacat per unit pemeriksaan untuk setiap subgrup menggunakan persamaan (2.3)
 - f. Menghitung jumlah rata-rata cacat per unit untuk jenis cacat terboboti secara keseluruhan menggunakan persamaan (2.4)
 - g. Menghitung *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL) menggunakan persamaan (2.5) serta menghitung *warning limit*
 - h. Membuat diagram kontrol demerit
3. Membuat diagram kontrol *Fuzzy U*
 - a. Mengidentifikasi data inspeksi cacat kaca *automotive tipe laminated* menjadi 4 kategori cacat yang telah ditetapkan
 - b. Menentukan bobot setiap kategori cacat menggunakan *crisp score*
 - c. Melakukan transformasi data menjadi *fuzzy number* dengan mengalikan jumlah cacat pada setiap kategori dengan *crisp score* yang diperoleh pada langkah b)
 - d. Menghitung rata-rata pada setiap kategori cacat *fuzzy* menggunakan persamaan (2.12)

- e. Menghitung nilai CL_{mod} , UCL_{mod} , dan LCL_{mod} menggunakan persamaan (2.17) – (2.19)
- f. Menentukan nilai β dan menghitung nilai β_j menggunakan persamaan (2.20)
- g. Menentukan keputusan kontrol proses dengan menggunakan persamaan (2.21)
4. Membandingkan hasil keputusan yang diperoleh pada diagram kontrol demerit dan *fuzzy u*
5. Menganalisis jenis cacat dan penyebab cacat dominan pada proses produksi kaca *automotive* tipe *laminated* menggunakan diagram pareto
6. Melakukan penarikan kesimpulan dan memberikan saran juga rekomendasi kepada pihak-pihak terkait berdasarkan hasil analisis yang didapatkan

3.4 Diagram Alir Penelitian

Gambaran diagram alir berdasarkan langkah analisis yang telah dibuat pada penelitian ini adalah sebagai berikut.





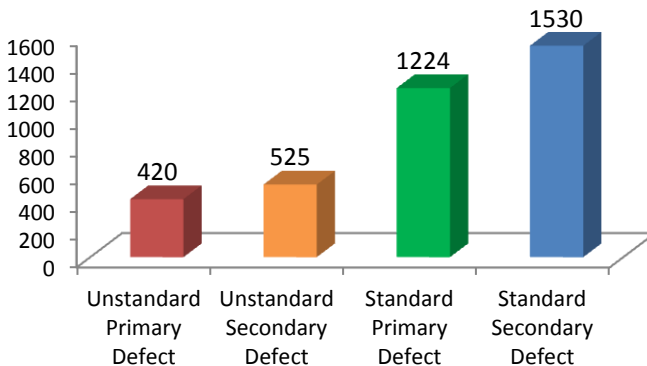
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Data Kecacatan Kaca *Automotive Tipe Laminated*

Departemen *Quality Control* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. telah menetapkan empat jenis cacat kaca berdasarkan tingkat keparahannya, yaitu *unstandard primary defect*, *unstandard secondary defect*, *standard primary defect*, dan *standard secondary defect*. Selama proses produksi kaca *automotive tipe laminated* pada bulan Januari hingga Desember 2015, ditemukan sejumlah jenis cacat pada produk. Gambar 4.1 berikut memberikan informasi mengenai frekuensi cacat yang ditemukan untuk masing-masing kategori cacat.



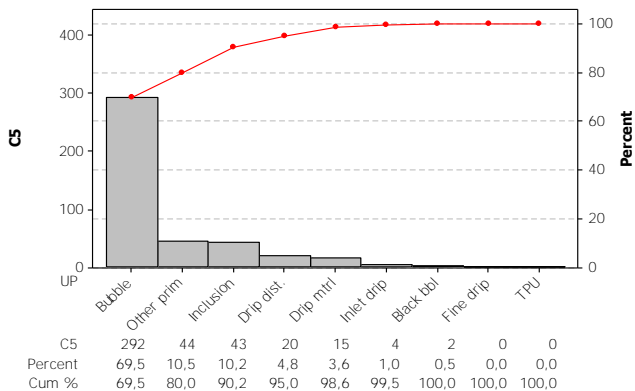
Gambar 4.1 Perbandingan Frekuensi Cacat Selama Bulan Januari-Desember 2015

Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan frekuensi cacat pada bulan Januari sampai Desember 2015. Garis horizontal pada diagram batang di atas mewakili kategori kelas cacat berdasarkan tingkat keparahannya, dimana keempat batang tersebut masing-masing mewakili kategori *unstandard primary defect*, *unstandard secondary defect*, *standard primary defect*, dan *standard*

secondary defect. Sedangkan garis vertikal pada diagram menunjukkan banyaknya kasus cacat yang ditemukan pada produk kaca *automotive* tipe *laminated* untuk masing-masing kategori kelas cacat selama bulan Januari hingga Desember 2015.

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat bahwa kategori *standard secondary defect* merupakan kasus cacat terbanyak yang ditemukan selama bulan Januari – Desember 2105, yaitu sebanyak 1530 cacat. Cacat *standard secondary defect* paling banyak ditemukan dalam produk karena seringkali pada proses *cutting*, kaca pecah saat di *mainline*, selain itu pada proses *pick up* kaca dari meja ke dalam *box*, seringkali kaca tergores. Sedangkan jenis cacat yang paling sering ditemukan setelah *standard secondary defect* adalah *standard primary defect* dengan jumlah kasus cacat sebanyak 1224, lalu *unstandard secondary defect* sebanyak 525 kasus cacat, dan jenis cacat yang paling jarang ditemukan selama proses produksi adalah kategori *unstandard primary defect* dengan jumlah kasus cacat sebanyak 420.

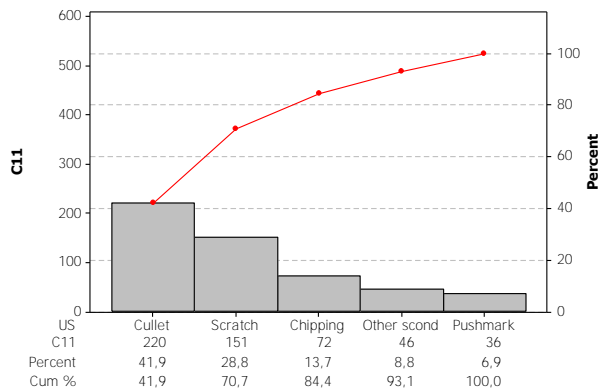
Setiap kategori cacat tersebut terdiri dari beberapa jenis cacat, Gambar 4.2 menjelaskan tentang frekuensi setiap jenis cacat pada kategori *unstandard primary defect* yang ditunjukkan dalam diagram pareto.



Gambar 4.2 Diagram Pareto pada Kategori *Unstandard Primary Defect*

Gambar 4.2 merupakan diagram pareto yang menjelaskan frekuensi cacat untuk setiap jenis cacat yang masuk ke dalam kategori *unstandard primary defect*. Garis horizontal menunjukkan jenis-jenis cacat seperti *bubble*, *other primary defect*, hingga cacat TPU (*Tin Pick Up*). Sedangkan garis vertikal menunjukkan jumlah cacat untuk masing-masing jenis cacat tersebut. Selain itu, diagram pareto pada Gambar 4.2 juga memberikan informasi mengenai persentase serta persentase kumulatif jumlah cacat pada setiap jenis cacat.

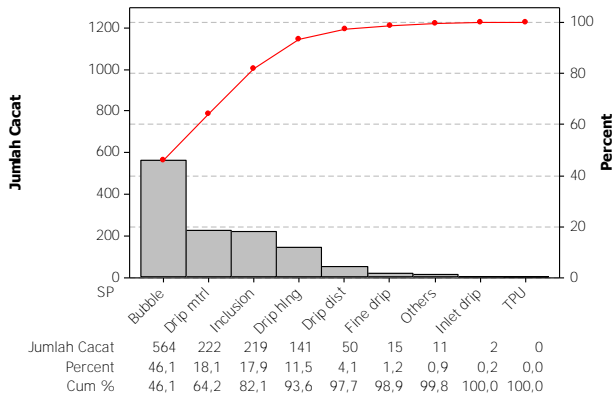
Pada kategori *unstandard primary defect* diketahui bahwa *bubble* merupakan kasus cacat yang paling banyak ditemukan, dimana sebanyak 292 kasus kecacatan berupa gelembung pada kaca ditemukan selama proses produksi kaca *laminated* dengan persentase jumlah cacat sebesar 69,5%. *Bubble* banyak ditemukan dalam produk karena seringkali terjadi pelepasan gas yang tidak sempurna pada saat proses *melting* dan *refining*. Sedangkan cacat jenis TPU dan *fine drip* memiliki frekuensi 0 yang artinya tidak ditemukan satu pun cacat jenis tersebut.



Gambar 4.3 Diagram Pareto pada Kategori *Unstandard Secondary Defect*

Pada kategori *unstandard secondary defect*, *cullet* merupakan cacat dengan kasus terbanyak yang ditemukan pada

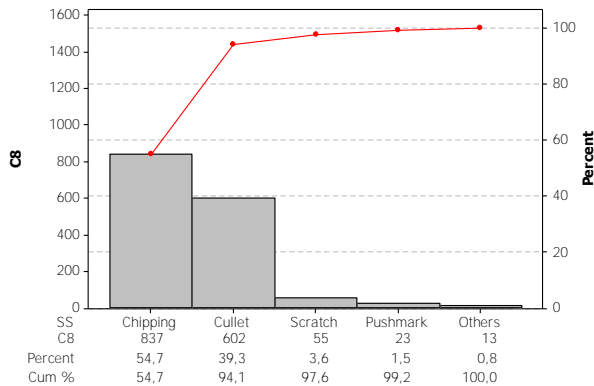
proses produksi selama Januari – Desember 2015. Terlihat pada Gambar 4.3, ditemukan 220 kasus cacat *cullet* yang memiliki persentase jumlah cacat sebesar 41,9%, kemudian diikuti cacat *scratch* pada posisi kedua dengan kasus yang ditemukan sejumlah 151 kasus dan persentase jumlah cacat sebesar 28,8%. Penyebab cacat jenis *cullet* sama seperti pada cacat *chipping*, yaitu seringkali proses pemotongan kaca yang tidak sempurna. Sedangkan kasus *pushmark* menjadi kasus cacat yang paling jarang terjadi pada kategori ini, yaitu hanya 36 kasus dengan persentase sebesar 6,9%.



Gambar 4.4 Diagram Pareto pada Kategori *Standard Primary Defect*

Tidak berbeda dengan kategori *unstandard primary defect*, cacat *bubble* juga merupakan kasus cacat terbanyak yang ditemukan pada kategori *standard primary defect*. Terlihat pada Gambar 4.4, ditemukan sebanyak 564 kasus cacat *bubble* dengan persentase jumlah cacat sebesar 46,1%. Sementara itu tidak ditemukan satu pun kasus cacat TPU (*Tin Pick Up*) dan hanya ditemukan dua kasus cacat jenis *inlet drip* dengan persentase jumlah kasus cacat masing-masing sebesar 0,2% dan 0%.

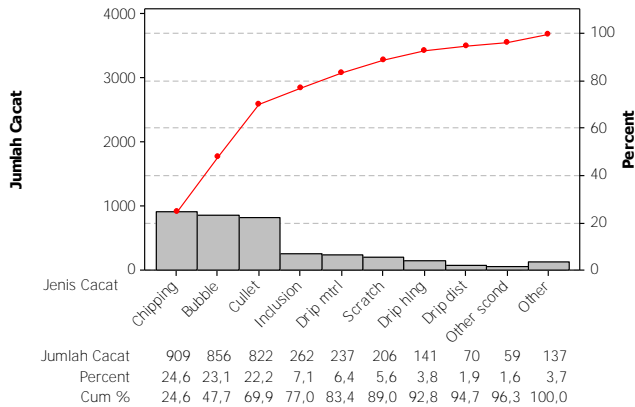
Selanjutnya, frekuensi kasus cacat untuk kategori *standard secondary defect* dijelaskan pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Diagram Pareto pada Kategori *Standard Secondary Defect*

Berdasarkan Gambar 4.5 diketahui *chipping* merupakan kasus cacat terbanyak yang ditemukan pada kategori *standard secondary defect*, yaitu sebanyak 837 kasus dengan persentase jumlah cacat sebesar 54,7%. *Chipping* pada kaca kerap terjadi karena pada saat pemotongan (*cutting*), prosesnya tidak sempurna sehingga menyebabkan gupil pada kaca. Setelah cacat *chipping* yang paling banyak ditemukan pada produk, selanjutnya diikuti oleh cacat *cullet* pada posisi kedua, yaitu sebanyak 602 kasus dan persentase jumlah cacat sebesar 39,3%. Sedangkan cacat *other secondary defect* merupakan jenis cacat yang paling jarang ditemukan pada kategori ini, yaitu hanya 13 kasus dan persentase jumlah cacat sebesar 0,8%. Cacat jenis *other secondary defect* merupakan jenis cacat lainnya yang terjadi saat proses pemotongan dan pengepakan kaca seperti *distortion*, *crack*, *flare*, dan *water stain*.

Setelah dilakukan analisis mengenai frekuensi kasus cacat pada masing-masing kategori, selanjutnya Gambar 4.6 berikut menunjukkan hasil diagram pareto untuk data kecacatan pada kaca *automotive* tipe *laminated* produksi PT. Asahimas Flat Glass Tbk secara keseluruhan dari keempat kategori cacat selama Bulan Januari hingga Desember 2015.



Gambar 4.6 Diagram Pareto pada Produksi Kaca *Laminated*

Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa *chipping* merupakan jenis cacat yang paling sering ditemukan pada produk kaca *automotive* tipe *laminated*, yaitu sebanyak 909 kasus cacat dan persentase cacat sebesar 24,6%. Selanjutnya di tempat kedua adalah jenis cacat *bubble* yang paling sering ditemukan, yaitu sebesar 856 kasus cacat dengan persentase cacat sebesar 23,1%. Untuk jenis cacat yang paling jarang ditemukan diwakili oleh *other*, dimana *other* mencakup jenis cacat seperti *inlet drip*, *fine drip*, *TPU*, *black bubble*, *other primary defect*, serta *pushmark*, dengan total cacat yang ditemukan sebanyak 137 kasus cacat dengan persentase sebesar 3,7%.

4.2 Pengontrolan Kualitas Kaca *Automotive* Tipe *Laminated* Menggunakan Diagram Kontrol Demerit

Diagram kontrol demerit digunakan ketika jenis cacat dikategorikan menjadi beberapa kelas berdasarkan tingkat keparahan cacatnya. Pada produksi kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk., cacat yang ditemukan pada produk kaca dibagi menjadi empat kategori cacat, yaitu *unstandard primary defect*, *unstandard secondary defect*, *standard primary defect*, dan *standard secondary defect*, dimana *unstandard primary defect*

merupakan cacat yang paling parah sampai *standard secondary defect* yang merupakan cacat yang tidak parah. Sehingga pengelompokan cacat pada diagram kontrol demerit sama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Penentuan bobot cacat menggunakan *crispscore* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3, sehingga pada penelitian ini nilai *crisp* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 *Crispscore* untuk Setiap Kelas Cacat

Kelas Cacat	Skala Keparahan Cacat	Nilai <i>Crisp</i>
A	High	0,885
B	Fairly High	0,700
C	Fair Low	0,300
D	Low	0,115

Pembobotan untuk setiap kelas cacat di atas didasarkan pada tingkat keparahan masing-masing kelas. Kelas A yang mewakili *unstandard primary defect* dan kelas B yang mewakili *unstandard secondary defect* memiliki tingkat keparahan yang tidak jauh berbeda, sehingga dipilih skala keparahan cacat *high* dan *fairly high* yang memiliki nilai *crisp* tidak terlalu jauh. Begitu pula dengan kelas C yang mewakili *standrad primary defect* dan kelas D yang mewakili *standard secondary defect* juga memiliki tingkat keparahan yang tidak terlalu jauh sehingga digunakan nilai *crisp* yang memiliki *gap* tidak terlalu jauh pula.

Selanjutnya bobot cacat dihitung dengan cara masing-masing nilai *crisp* pada setiap kelas cacat dibagi dengan total keseluruhan nilai *crisp* kemudian dikali 100%, sehingga bobot pada setiap kelas diperoleh sebagai berikut.

$$\text{Kelas A} = \frac{0,885}{2} \times 100\% = 44,25\%$$

$$\text{Kelas B} = \frac{0,700}{2} \times 100\% = 35,00\%$$

$$\text{Kelas C} = \frac{0,300}{2} \times 100\% = 15,00\%$$

$$\text{Kelas D} = \frac{0,115}{2} \times 100\% = 5,75\%$$

Bobot cacat tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung jumlah cacat terboboti untuk masing-masing subgrup sesuai persamaan 2.2 sehingga diperoleh:

$$D_1 = 0,4425(0) + 0,35(0) + 0,15(1) + 0,0575(2) = 0,265$$

$$\vdots$$

$$D_{207} = 0,4425(2) + 0,35(1) + 0,15(3) + 0,0575(5) = 3,645$$

Nilai D_i tersebut digunakan untuk menghitung rata-rata cacat per unit pemeriksaan untuk setiap subgrup menggunakan persamaan 2.3, yaitu:

$$u_1 = \frac{0,265}{52} = 0,005096$$

$$\vdots$$

$$u_{207} = \frac{3,645}{256} = 0,014238$$

setelah dilakukan perhitungan jumlah cacat terboboti hingga rata-rata cacat per unit pada setiap subgrup, maka selanjutnya dapat dihitung nilai \bar{u} pada setiap kelas dengan menggunakan persamaan 2.7, yaitu:

$$\bar{u}_A = \frac{420}{44226} = 0,009497$$

$$\bar{u}_B = \frac{525}{44226} = 0,011871$$

$$\bar{u}_C = \frac{1224}{44226} = 0,027676$$

$$\bar{u}_D = \frac{1530}{44226} = 0,034595$$

kemudian nilai \bar{u} pada setiap kelas tersebut digunakan untuk menghitung jumlah rata-rata cacat per unit untuk jenis cacat terboboti secara keseluruhan (\bar{u}) sesuai persamaan 2.4, yaitu:

$$\bar{u} = 0,4425(0,009497) + 0,35(0,011871) + 0,15(0,027676) + 0,0575(0,034595)$$

$$\bar{u} = 0,014498$$

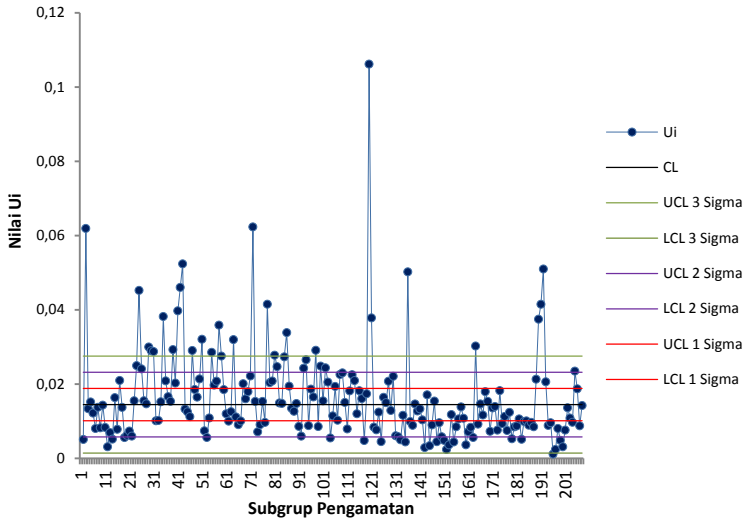
sehingga batas kontrol pada diagram kontrol demerit dapat dihitung menggunakan persamaan 2.5 dan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\text{Upper Control Limit (UCL)} = 0,027549$$

$$\text{Control Limit (CL)} = 0,014498$$

$$\text{Lower Control Limit (LCL)} = 0,001445$$

Selanjutnya nilai-nilai tersebut digunakan untuk membentuk diagram kontrol demerit seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram Kontrol Demerit pada Produksi Kaca *Laminated*

Gambar 4.7 menunjukkan diagram kontrol demerit untuk monitoring proses produksi kaca *laminated* selama bulan Januari hingga Desember 2015. Garis horizontal pada diagram mewakili subgrup pengamatan, dimana subgrup pengamatannya adalah hari. Titik biru pada diagram merupakan nilai U_i yang menunjukkan nilai rata-rata cacat per unit pemeriksaan. Selain itu, garis hitam mewakili garis tengah diagram kontrol demerit, garis hijau mewakili batas atas dan bawah 3 sigma diagram kontrol demerit, garis ungu menunjukkan batas atas dan bawah 2 sigma, serta garis merah menunjukkan batas atas dan bawah 1 sigma.

Terlihat pada Gambar 4.7 beberapa titik pengamatan yang berada di luar batas kontrol. Terdapat 29 titik pengamatan yang

dinyatakan *out of control* dari total 207 pengamatan, sedangkan sebanyak 145 pengamatan berada di dalam batas kontrol atau dengan kata lain dinyatakan *in control*. Artinya proses produksi pada 145 pengamatan tersebut tidak ditemukan adanya masalah, sedangkan 29 pengamatan lainnya yang dinyatakan *out of control* mengindikasikan adanya masalah pada proses produksi yang menyebabkan keberlangsungan produksi tidak terkontrol sehingga banyak ditemukan produk cacat yang tidak bisa ditoleransi berdasarkan tingkat keparahannya.

Selain pengamatan-pengamatan yang dinyatakan *in control* dan *out of control*, terdapat 33 pengamatan yang berada di daerah *warning limit*, yaitu pengamatan yang berada di antara batas 2 sigma dan 3 sigma. Pengamatan yang masuk ke daerah *warning limit* artinya pengamatan tersebut mendekati daerah *out of control* sehingga perusahaan perlu memberikan perhatian khusus terhadap proses produksi pada pengamatan-pengamatan tersebut sehingga tidak sampai terjadi proses produksi yang *out of control*.

Terlihat pada Tabel 4.2 bahwa proses produksi yang dinyatakan *out of control* paling banyak ditemukan di bulan Maret 2015, yaitu sebanyak sembilan waktu pengamatan. Hal ini disebabkan karena banyak ditemukannya cacat pada produk, seperti cacat *bubble*, *scratch*, serta *cullet*. Di samping itu, proses produksi di bulan Maret sempat mengalami proses *melting* yang tidak stabil sehingga banyak ditemukannya cacat pada produk kaca. Selain itu, proses produksi yang masuk ke dalam daerah *warning limit* paling banyak ditemukan di bulan September 2015, dengan banyak pengamatan sebanyak enam waktu pengamatan. Hal ini disebabkan banyak ditemukannya cacat produk jenis *scratch* dan *cullet* serta adanya *maintenance day* pada bulan tersebut. Selain proses yang *out of control*, proses produksi yang berada dalam *warning limit* juga memerlukan perhatian khusus dari perusahaan untuk mencegah proses tersebut menjadi *out of control*. Informasi mengenai titik pengamatan yang dinyatakan *out of control* dan pengamatan yang berada di daerah *warning limit* secara rinci diberikan dalam Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Informasi Mengenai Waktu Pengamatan *Out of Control* dan *Warning Limit* pada Diagram Kontrol Demerit

Waktu Pengamatan <i>Warning Limit</i>	Waktu Pengamatan <i>Out of Control</i>
13-Jan-15	
23-Jan-15	
25-Jan-15	14-Jan-15
30-Jan-15	
04-Feb-15	05-Feb-15
06-Feb-15	09-Feb-15
	02-Mar-15
	03-Mar-15
	07-Mar-15
	11-Mar-15
25-Mar-15	13-Mar-15
	14-Mar-15
	15-Mar-15
	19-Mar-15
	23-Mar-15
	18-Apr-15
-	21-Apr-15
	22-Apr-15
	27-Apr-15
	09-Mei-15
29-Mei-15	25-Mei-15
	28-Mei-15
01-Jun-15	
09-Jun-15	
10-Jun-15	02-Jun-15
28-Jun-15	26-Jun-15
30-Jun-15	
02-Jul-15	
25-Jul-15	27-Jul-15
08-Agt-15	
29-Agt-15	04-Agt-15
31-Agt-15	
20-Sep-15	
22-Sep-15	
25-Sep-15	01-Sep-15
28-Sep-15	
29-Sep-15	
30-Sep-15	
02-Okt-15	
07-Okt-15	11-Okt-15
10-Okt-15	
10-Nov-15	21-Nov-15
14-Nov-15	22-Nov-15
	23-Nov-15
11-Dec-15	
13-Dec-15	
14-Dec-15	10-Dec-15
28-Dec-15	

4.3 Pengontrolan Kualitas Kaca *Automotive Tipe Laminated* Menggunakan Diagram Kontrol *Fuzzy U*

Diagram kontrol *fuzzy u* digunakan ketika dalam proses pengontrolan kualitas terdapat kesamaran (*vagueness*) pada produk cacat yang ditemukan. Diantara produk cacat tersebut kerap kali terdapat suatu kesamaran apakah produk cacat termasuk ke dalam kategori parah atau tidak. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, kategori cacat pada produk kaca di Asahimas dibagi ke dalam empat kelas cacat. Selanjutnya nilai *crisp* serta bobot yang diterapkan pada setiap kelas cacat untuk diagram kontrol *fuzzy u* sama seperti diagram kontrol demerit.

Bobot tersebut digunakan untuk mentransformasi data menjadi *fuzzy number* dengan mengalikan jumlah cacat pada setiap kategori dengan bobotnya. Kemudian dilakukan penghitungan rata-rata setiap kategori cacat *fuzzy* sesuai persamaan 2.12 sehingga diperoleh:

$$\bar{u} = \left(\frac{\sum_{i=1}^m a_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m b_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m c_i}{m}, \frac{\sum_{i=1}^m d_i}{m} \right) = (\bar{a}, \bar{b}, \bar{c}, \bar{d})$$

$$= (0,897826 ; 0,887681 ; 0,886957 ; 0,425)$$

dimana m merupakan jumlah subgrup inspeksi yaitu 207 subgrup. Nilai \bar{u} tersebut selanjutnya digunakan sebagai nilai CL sebagai berikut.

$$CL = (0,897826 ; 0,887681 ; 0,886957 ; 0,425)$$

Pendekatan yang digunakan pada diagram kontrol *fuzzy* ini adalah *fuzzy mode*, dimana:

$$CL_{mod} = f_{mod}(CL) = (CL_2, CL_3) = (0,887681 ; 0,886957)$$

sedangkan nilai UCL_{mod} dan LCL_{mod} diperoleh menggunakan persamaan 2.18 dan 2.19 sehingga diperoleh:

$$LCL_{mod} = CL_{mod} - 3 \sqrt{\frac{CL_{mod}}{n}} = (0,694465 ; 0,693819)$$

$$UCL_{mod} = CL_{mod} + 3 \sqrt{\frac{CL_{mod}}{n}} = (1,080897 ; 1,080094)$$

nilai β merupakan persentase penerimaan awal pada penelitian ini dan bernilai 0,5, dimana nilai tersebut selanjutnya akan dibandingkan dengan nilai β_j yang didapatkan dari persamaan 2.20 sehingga diperoleh:

$$\beta_1 = 0 ; \text{ karena } b_1 \geq 1,080094$$

$$\vdots$$

$$\beta_{207} = \frac{1,080094 - b_{207}}{c_{207} - b_{207}} = 0,654602$$

; karena $0,694465 \leq b_{207} \leq 1,080094) \wedge (c_{207} \geq 1,080094)$

Berdasarkan perbandingan kedua nilai tersebut maka akan diperoleh keputusan kontrol proses seperti yang terlihat pada Lampiran 3. Terdeteksi 65 pengamatan yang dinyatakan *in control*, 45 pengamatan dengan keputusan *rather in control*, 24 pengamatan dinyatakan *rather out of control*, dan sisanya sebanyak 73 pengamatan dinyatakan *out of control*.

Sama halnya pada diagram kontrol demerit, pengamatan yang dinyatakan *in control* berarti proses produksi pada 65 pengamatan tersebut tidak ditemukan adanya masalah yang berarti dan masih terkontrol. Sedangkan proses yang dinyatakan *rather in control* merupakan suatu peringatan bagi perusahaan bahwa pada proses produksinya ditemukan proses yang mulai menjauhi *in control* sehingga perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan proses produksi.

Sedangkan proses yang dikategorikan *rather out of control* dan *out of control* memerlukan perhatian yang lebih pada proses produksinya. Proses yang dinyatakan *rather out of control* berarti proses tersebut mendekati *out of control*, namun belum benar-benar dinyatakan *out of control*. Sama halnya seperti *rather in control*, proses yang termasuk ke dalam *rather out of control* menjadi suatu peringatan bagi perusahaan bahwa proses produksinya mulai mendekati *out of control*. Terlihat pada Tabel 4.3 bahwa pada Bulan Juni dan November terdapat banyak proses yang dinyatakan *rather out of control*. Sedangkan proses *out of control* mengindikasikan adanya masalah pada proses produksi

yang berlangsung sehingga berdampak pada banyak ditemukannya produk cacat yang tidak dapat ditoleransi menurut tingkat keparahannya.

Tabel 4.3 Informasi Mengenai Waktu Pengamatan *Rather Out of Control* dan *Out of Control* pada Diagram Kontrol Fuzzy U

Waktu Pengamatan <i>Rather Out of Control</i>	Waktu Pengamatan <i>Out of Control</i>
16-Jan-15 28-Jan-15	13-Jan-15
	14-Jan-15
	15-Jan-15
	20-Jan-15
	22-Jan-15
	23-Jan-15
	24-Jan-15
	25-Jan-15
	26-Jan-15
	27-Jan-15
	30-Jan-15
	01-Feb-15
-	02-Feb-15
	04-Feb-15
	05-Feb-15
	04-Mar-15
12-Mar-15 15-Mar-15 23-Mar-15	05-Mar-15
	07-Mar-15
	11-Mar-15
	13-Mar-15
	14-Mar-15
	18-Mar-15
	25-Mar-15
	17-Apr-15
18-Apr-15 22-Apr-15 26-Apr-15	21-Apr-15
	23-Apr-15
	27-Apr-15
	29-Apr-15
	20-Mei-15
24-Mei-15 26-Mei-15 31-Mei-15	21-Mei-15
	25-Mei-15
	29-Mei-15
	30-Mei-15
	01-Jun-15
03-Jun-15 05-Jun-15 06-Jun-15 10-Jun-15 29-Jun-15	02-Jun-15
	07-Jun-15
	08-Jun-15
	18-Jun-15
	02-Jul-15
	05-Jul-15

Waktu Pengamatan <i>Rather Out of Control</i>	Waktu Pengamatan <i>Out of Control</i>
10-Agt-15	19-Jul-15
	21-Jul-15
	22-Jul-15
	23-Jul-15
	24-Jul-15
	27-Jul-15
	05-Agt-15
10-Agt-15	09-Agt-15
	12-Agt-15
	15-Agt-15
	27-Agt-15
	28-Agt-15
	01-Sep-15
-	03-Sep-15
	18-Sep-15
	20-Sep-15
	22-Sep-15
	25-Sep-15
-	04-Okt-15
	05-Okt-15
	06-Okt-15
	07-Okt-15
	08-Okt-15
	09-Okt-15
	17-Okt-15
06-Nov-15	04-Nov-15
09-Nov-15	13-Nov-15
10-Nov-15	18-Nov-15
11-Nov-15	20-Nov-15
15-Nov-15	24-Nov-15
23-Nov-15	10-Dec-15
-	11-Dec-15
	15-Dec-15
	18-Dec-15
	30-Dec-15

Berdasarkan Tabel 4.3, proses yang dinyatakan *out of control* banyak ditemukan pada Bulan Januari 2015, hal ini disebabkan pada bulan ini banyak ditemukan cacat *cullet* yang menyebabkan banyak produk kaca di-*reject*. Oleh karena itu, PT. Asahimas Flat Glass Tbk. disini perlu menyelidiki penyebab serta faktor-faktor yang mengakibatkan proses produksinya terindikasi *rather in control*, *rather out of control*, serta *out of control* agar nantinya tercipta proses produksi yang lebih stabil dan terkontrol.

4.4 Perbandingan Pengontrolan Kualitas Menggunakan Diagram Kontrol Demerit dan Diagram Kontrol *Fuzzy U*

Perbandingan pengontrolan kualitas oleh diagram kontrol demerit dan *fuzzy u* dapat dilihat dari berapa banyak titik pengamatan yang dinyatakan *out of control*. Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat bahwa ada beberapa titik yang sama-sama terdeteksi *out of control* di kedua diagram, ada pula beberapa titik yang terdeteksi *out of control* hanya di salah satu diagram kontrol. Terdapat 11 titik pengamatan yang sama-sama terdeteksi *out of control* di kedua diagram. Selain itu, terdapat 62 titik pengamatan yang hanya terdeteksi *out of control* pada diagram kontrol *fuzzy u*. Hal ini menunjukkan bahwa diagram *fuzzy u* lebih sensitif mendeteksi proses yang *out of control* pada ke-62 pengamatan tersebut dibanding diagram kontrol demerit.

Di samping itu, terdapat 8 titik pengamatan yang hanya terdeteksi *out of control* pada diagram kontrol demerit, sedangkan pada diagram kontrol *fuzzy u* ke-8 pengamatan tersebut dideteksi *rather in control* atau *rather out of control*. Selain itu terdapat 9 pengamatan yang dinyatakan *out of control* di diagram kontrol demerit, namun terdeteksi *in control* di diagram kontrol *fuzzy u*. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat inkonsistensi dalam pendeteksian titik *out of control* pada diagram kontrol *fuzzy u* sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penyebab hal tersebut.

Diagram kontrol *fuzzy u* lebih sensitif jika dibandingkan dengan diagram kontrol demerit pada perbandingan pengontrolan kualitas untuk produksi kaca *laminated* di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Hal ini ditunjukkan oleh banyaknya titik pengamatan yang *out of control*, dimana diagram kontrol *fuzzy u* menangkap lebih banyak titik tersebut, yaitu sebanyak 73 titik, sedangkan diagram kontrol demerit hanya mendeteksi 29 titik pengamatan *out of control*. Hal ini juga berarti bahwa diagram kontrol *fuzzy u* lebih peka dalam mendeteksi adanya masalah dalam proses produksi yang membuat proses tersebut menjadi tidak terkontrol dan dapat berdampak pada kecacatan produk.

Tabel 4.4 Perbandingan Keputusan Diagram Kontrol Demerit dan *Fuzzy U*

Subgrup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>	Subgrup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>
1	Warning Limit	Out of Control	28	Out of Control	In Control
2	Out of Control	Out of Control	29	Out of Control	In Control
3	In Control	Out of Control	30	Out of Control	Rather In Control
8	In Control	Out of Control	31	In Control	Out of Control
10	In Control	Out of Control	32	In Control	Out of Control
11	Warning Limit	Out of Control	34	Out of Control	Out of Control
12	In Control	Out of Control	38	Out of Control	Out of Control
13	Warning Limit	Out of Control	40	Out of Control	In Control
14	In Control	Out of Control	41	Out of Control	Out of Control
15	In Control	Out of Control	42	Out of Control	Rather Out of Control
18	Warning Limit	Out of Control	45	In Control	Out of Control
20	In Control	Out of Control	46	Out of Control	Rather In Control
21	In Control	Out of Control	50	Out of Control	Rather Out of Control
23	Warning Limit	Out of Control	52	Warning Limit	Out of Control
24	Out of Control	Out of Control	53	In Control	Out of Control

Subgrup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>	Subgrup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>
54	Out of Control	Rather Out of Control	96	In Control	Out of Control
57	Out of Control	Out of Control	97	Out of Control	In Control
58	Out of Control	Rather Out of Control	103	Warning Limit	Out of Control
63	Out of Control	Out of Control	106	In Control	Out of Control
65	In Control	Out of Control	111	In Control	Out of Control
71	Out of Control	Rather In Control	113	In Control	Out of Control
72	In Control	Out of Control	114	In Control	Out of Control
73	In Control	Out of Control	115	In Control	Out of Control
77	Out of Control	Out of Control	116	In Control	Out of Control
80	Out of Control	In Control	119	Out of Control	Out of Control
81	Warning Limit	Out of Control	120	Out of Control	In Control
82	In Control	Out of Control	121	In Control	Out of Control
85	Out of Control	Out of Control	125	In Control	Out of Control
90	In Control	Out of Control	128	In Control	Out of Control
91	In Control	Out of Control	129	In Control	Out of Control

Subgroup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>	Subgroup ke-	Diagram Demerit	Diagram <i>Fuzzy U</i>
130	In Control	Out of Control	163	Out of Control	In Control
131	In Control	Out of Control	166	In Control	Out of Control
132	Warning Limit	Out of Control	172	In Control	Out of Control
135	Out of Control	Out of Control	181	In Control	Out of Control
137	In Control	Out of Control	186	In Control	Out of Control
140	In Control	Out of Control	188	In Control	Out of Control
142	Warning Limit	Out of Control	189	Out of Control	In Control
144	Warning Limit	Out of Control	190	Out of Control	In Control
147	Warning Limit	Out of Control	191	Out of Control	Rather Out of Control
156	In Control	Out of Control	192	In Control	Out of Control
157	In Control	Out of Control	195	Out of Control	Out of Control
158	In Control	Out of Control	196	Warning Limit	Out of Control
159	Warning Limit	Out of Control	200	In Control	Out of Control
160	In Control	Out of Control	203	In Control	Out of Control
161	In Control	Out of Control	206	In Control	Out of Control

Selain menggunakan banyak titik yang *out of control*, perbandingan diagram kontrol demerit dan *fuzzy u* juga dapat dilihat dari kriteria keputusan proses pada kedua diagram. Pada diagram kontrol demerit, keputusan proses yang dihasilkan hanya berupa *in control* dan *out of control* sedangkan pada diagram kontrol *fuzzy u* digunakan kriteria keputusan proses yang lebih spesifik, yaitu *in control*, *rather in control*, *rather out of control*, dan *out of control*. Keputusan proses seperti *rather in control* dan *rather out of control* pada diagram kontrol *fuzzy u* dapat menjadi *early warning* bagi perusahaan untuk melakukan perbaikan proses untuk menghindari terjadinya proses produksi yang benar-benar *out of control* yang dapat berdampak pada kecacatan produk serta kerugian perusahaan.

Oleh karena itu, pengontrolan kualitas yang sesuai untuk diterapkan pada proses produksi di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo adalah menggunakan diagram kontrol *fuzzy u*. Secara umum proses produksi di Asahimas pada Bulan Januari hingga Desember 2015 dikatakan masih *out of control*, karena dari 207 pengamatan ditemukan 73 pengamatan yang dinyatakan *out of control*. Artinya, terdapat masalah pada proses produksi pada ke-73 pengamatan tersebut yang menyebabkan banyak ditemukan produk cacat sehingga proses produksinya dinyatakan *out of control*.

LAMPIRAN 1

Data Kecacatan Kaca *Automotive Tipe Laminated PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo*

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
1	13-Jan	52	0	0	1	2
2	14-Jan	106	0	8	9	42
3	15-Jan	192	2	1	2	18
4	16-Jan	192	0	3	9	9
5	17-Jan	192	3	0	6	2
6	18-Jan	192	0	3	1	6
7	19-Jan	186	1	1	11	2
8	20-Jan	186	1	1	3	5
9	21-Jan	192	1	1	10	8
10	22-Jan	192	2	0	4	2
11	23-Jan	192	0	0	4	0
12	24-Jan	192	2	0	3	0
13	25-Jan	192	0	1	2	6
14	26-Jan	180	0	4	8	6
15	27-Jan	185	2	0	3	2
16	28-Jan	162	4	1	7	4
17	29-Jan	156	1	1	9	0
18	30-Jan	186	1	0	4	0
19	31-Jan	192	1	0	5	0
20	01-Feb	144	0	0	4	8
21	02-Feb	174	1	0	4	0
22	03-Feb	186	1	3	7	6
23	04-Feb	156	7	1	3	0
24	05-Feb	186	18	0	3	0
25	06-Feb	192	3	2	7	27
26	07-Feb	186	1	3	7	6
27	08-Feb	192	4	0	7	0
28	09-Feb	128	4	2	3	16
29	02-Mar	60	0	3	0	12
30	03-Mar	120	2	2	9	9

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
31	04-Mar	192	2	0	4	8
32	05-Mar	168	2	0	4	4
33	06-Mar	192	4	1	5	1
34	07-Mar	186	0	13	9	21
35	08-Mar	156	2	5	3	3
36	09-Mar	186	4	2	3	3
37	10-Mar	192	3	0	7	10
38	11-Mar	192	2	6	13	12
39	12-Mar	180	2	3	8	9
40	13-Mar	192	2	17	3	6
41	14-Mar	190	9	4	19	9
42	15-Mar	192	15	2	17	3
43	16-Mar	192	2	1	8	2
44	17-Mar	192	2	0	9	3
45	18-Mar	192	3	0	4	4
46	19-Mar	186	7	1	5	21
47	20-Mar	192	5	0	9	0
48	21-Mar	192	2	3	4	11
49	22-Mar	192	3	4	5	11
50	23-Mar	192	7	2	10	15
51	24-Mar	192	0	2	1	10
52	25-Mar	80	0	0	3	0
53	17-Apr	130	1	1	3	3
54	18-Apr	167	2	3	12	18
55	19-Apr	192	3	2	6	15
56	20-Apr	192	5	4	1	4
57	21-Apr	180	1	9	8	29
58	22-Apr	168	2	2	18	6
59	23-Apr	120	0	5	2	3
60	24-Apr	162	1	1	5	7
61	25-Apr	192	0	3	2	10
62	26-Apr	192	0	1	13	2
63	27-Apr	192	6	4	12	5
64	28-Apr	192	1	1	9	0
65	29-Apr	192	3	0	2	2

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
66	30-Apr	192	2	0	7	0
67	01-Mei	192	5	0	11	0
68	02-Mei	192	2	1	10	6
69	03-Mei	186	5	0	6	4
70	04-Mei	97	1	1	6	8
71	09-Mei	48	3	1	8	2
72	20-Mei	94	0	1	0	19
73	21-Mei	144	1	0	2	5
74	22-Mei	180	2	0	5	0
75	23-Mei	198	2	2	7	7
76	24-Mei	192	0	1	7	8
77	25-Mei	192	1	17	9	4
78	26-Mei	192	4	1	7	13
79	27-Mei	186	4	2	4	14
80	28-Mei	174	3	4	6	21
81	29-Mei	228	5	5	10	3
82	30-Mei	192	0	4	9	2
83	31-Mei	192	1	0	16	0
84	01-Jun	186	5	1	13	10
85	02-Jun	138	0	4	18	10
86	03-Jun	185	2	1	15	2
87	04-Jun	174	0	1	11	6
88	05-Jun	250	4	1	7	0
89	06-Jun	318	5	2	10	5
90	07-Jun	244	3	0	4	3
91	08-Jun	192	1	1	2	1
92	09-Jun	192	6	3	6	1
93	10-Jun	192	3	0	24	3
94	11-Jun	192	2	0	5	1
95	12-Jun	80	1	0	7	0
96	18-Jun	42	0	1	0	6
97	26-Jun	99	0	6	1	11
98	27-Jun	186	0	1	6	6
99	28-Jun	192	2	9	3	5
100	29-Jun	192	0	3	9	10

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
101	30-Jun	192	5	1	8	16
102	01-Jul	156	0	1	6	34
103	02-Jul	156	1	0	2	2
104	03-Jul	192	0	2	5	13
105	04-Jul	192	2	1	3	5
106	05-Jul	192	1	1	6	2
107	06-Jul	80	1	4	3	5
108	16-Jul	112	3	2	5	2
109	17-Jul	192	0	3	2	3
110	18-Jul	192	4	1	3	16
111	19-Jul	192	6	0	10	3
112	20-Jul	192	4	17	8	49
113	21-Jul	560	1	7	11	23
114	22-Jul	488	5	10	32	11
115	23-Jul	612	2	7	25	38
116	24-Jul	576	0	0	5	3
117	25-Jul	192	3	2	8	2
118	26-Jul	192	18	0	2	4
119	27-Jul	80	2	5	2	22
120	04-Ags	111	0	4	10	4
121	05-Ags	372	0	4	5	26
122	06-Ags	474	1	11	4	19
123	07-Ags	480	0	3	4	9
124	08-Ags	480	1	16	9	3
125	09-Ags	460	5	3	16	8
126	10-Ags	408	2	2	9	14
127	11-Ags	180	1	0	2	1
128	12-Ags	62	1	0	1	2
129	15-Ags	32	0	1	1	0
130	27-Ags	82	1	0	3	4
131	28-Ags	192	0	1	1	8
132	29-Ags	192	3	0	6	0
133	30-Ags	192	0	2	1	0
134	31-Ags	192	20	0	3	6
135	01-Sep	192	1	2	2	6

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
136	02-Sep	180	0	1	3	13
137	03-Sep	174	0	2	2	3
138	04-Sep	80	0	3	1	4
139	17-Sep	112	2	1	4	14
140	18-Sep	198	0	3	2	9
141	19-Sep	180	0	1	1	1
142	20-Sep	192	2	4	6	0
143	21-Sep	186	0	0	4	1
144	22-Sep	192	0	3	3	4
145	23-Sep	192	1	5	4	3
146	24-Sep	192	0	1	4	8
147	25-Sep	314	2	7	2	17
148	26-Sep	480	0	5	2	13
149	27-Sep	480	0	3	7	4
150	28-Sep	480	0	0	5	7
151	29-Sep	480	0	2	7	3
152	30-Sep	528	0	19	2	22
153	01-Okt	696	1	3	0	3
154	02-Okt	376	2	0	5	0
155	03-Okt	192	3	0	4	2
156	04-Okt	192	5	0	3	0
157	05-Okt	192	2	1	0	9
158	06-Okt	162	0	0	3	4
159	07-Okt	186	1	1	2	2
160	08-Okt	168	1	1	4	2
161	09-Okt	180	0	2	1	4
162	10-Okt	192	1	9	4	25
163	11-Okt	186	1	2	0	9
164	12-Okt	180	1	0	8	0
165	13-Okt	112	0	1	0	0
166	17-Okt	30	0	2	3	10
167	30-Okt	96	1	2	4	21
168	31-Okt	192	1	0	6	1
169	01-Nop	192	1	3	4	9
170	02-Nop	192	0	6	2	2

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
171	03-Nop	180	2	0	2	4
172	04-Nop	186	4	1	5	11
173	05-Nop	192	0	1	7	7
174	06-Nop	192	1	1	6	0
175	07-Nop	150	2	3	3	4
176	08-Nop	348	8	2	10	2
177	09-Nop	472	0	3	11	10
178	10-Nop	620	2	2	10	16
179	11-Nop	472	0	8	7	6
180	12-Nop	480	4	1	3	10
181	13-Nop	296	0	1	5	5
182	14-Nop	270	1	2	12	9
183	15-Nop	348	2	1	5	2
184	16-Nop	208	0	2	6	2
185	17-Nop	192	1	1	1	16
186	18-Nop	192	2	0	5	0
187	19-Nop	192	8	0	2	0
188	20-Nop	180	2	9	4	25
189	21-Nop	162	4	16	4	0
190	22-Nop	192	1	0	58	6
191	23-Nop	186	1	1	1	8
192	24-Nop	68	1	3	2	4
193	08-Des	228	0	1	6	17
194	09-Des	232	0	1	0	0
195	10-Des	300	0	1	1	2
196	11-Des	256	0	6	4	8
197	12-Des	392	0	4	0	1
198	13-Des	300	0	2	1	0
199	14-Des	272	3	1	1	4
200	15-Des	270	0	12	1	4
201	16-Des	336	0	5	5	20
202	17-Des	336	1	1	2	4
203	18-Des	136	1	3	3	12
204	28-Des	112	2	3	5	10
205	29-Des	174	2	1	3	0

Subgrup	Tanggal	Sample (pcs)	Kategori			
			A	B	C	D
206	30-Des	192	1	0	11	27
207	31-Des	256	2	1	3	5

LAMPIRAN 2**Data Perhitungan Diagram Kontrol Demerit**

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
1	0	0	0,15	0,115	0,005096	Warning Limit
2	0	2,8	1,35	2,415	0,061934	Out of Control
3	0,885	0,35	0,3	1,035	0,013385	In Control
4	0	1,05	1,35	0,5175	0,015195	In Control
5	1,3275	0	0,9	0,115	0,012201	In Control
6	0	1,05	0,15	0,345	0,008047	In Control
7	0,4425	0,35	1,65	0,115	0,01375	In Control
8	0,4425	0,35	0,45	0,2875	0,008226	In Control
9	0,4425	0,35	1,5	0,46	0,014336	In Control
10	0,885	0	0,6	0,115	0,008333	In Control
11	0	0	0,6	0	0,003125	Warning Limit
12	0,885	0	0,45	0	0,006953	In Control
13	0	0,35	0,3	0,345	0,005182	Warning Limit
14	0	1,4	1,2	0,345	0,016361	In Control
15	0,885	0	0,45	0,115	0,007838	In Control
16	1,77	0,35	1,05	0,23	0,020988	In Control
17	0,4425	0,35	1,35	0	0,013734	In Control
18	0,4425	0	0,6	0	0,005605	Warning Limit
19	0,4425	0	0,75	0	0,006211	In Control
20	0	0	0,6	0,46	0,007361	In Control
21	0,4425	0	0,6	0	0,005991	In Control
22	0,4425	1,05	1,05	0,345	0,015524	In Control
23	3,0975	0,35	0,45	0	0,024984	Warning Limit
24	7,965	0	0,45	0	0,045242	Out of Control
25	1,3275	0,7	1,05	1,5525	0,024115	Warning Limit
26	0,4425	1,05	1,05	0,345	0,015524	In Control
27	1,77	0	1,05	0	0,014688	In Control
28	1,77	0,7	0,45	0,92	0,03	Out of Control
29	0	1,05	0	0,69	0,029	Out of Control
30	0,885	0,7	1,35	0,5175	0,028771	Out of Control
31	0,885	0	0,6	0,46	0,01013	In Control
32	0,885	0	0,6	0,23	0,010208	In Control
33	1,77	0,35	0,75	0,0575	0,015247	In Control

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
34	0	4,55	1,35	1,2075	0,038212	Out of Control
35	0,885	1,75	0,45	0,1725	0,020881	In Control
36	1,77	0,7	0,45	0,1725	0,016626	In Control
37	1,3275	0	1,05	0,575	0,015378	In Control
38	0,885	2,1	1,95	0,69	0,029297	Out of Control
39	0,885	1,05	1,2	0,5175	0,020292	In Control
40	0,885	5,95	0,45	0,345	0,03974	Out of Control
41	3,9825	1,4	2,85	0,5175	0,046053	Out of Control
42	6,6375	0,7	2,55	0,1725	0,052396	Out of Control
43	0,885	0,35	1,2	0,115	0,013281	In Control
44	0,885	0	1,35	0,1725	0,012539	In Control
45	1,3275	0	0,6	0,23	0,011237	In Control
46	3,0975	0,35	0,75	1,2075	0,029059	Out of Control
47	2,2125	0	1,35	0	0,018555	In Control
48	0,885	1,05	0,6	0,6325	0,016497	In Control
49	1,3275	1,4	0,75	0,6325	0,021406	In Control
50	3,0975	0,7	1,5	0,8625	0,032083	Out of Control
51	0	0,7	0,15	0,575	0,007422	In Control
52	0	0	0,45	0	0,005625	Warning Limit
53	0,4425	0,35	0,45	0,1725	0,010885	In Control
54	0,885	1,05	1,8	1,035	0,028563	Out of Control
55	1,3275	0,7	0,9	0,8625	0,01974	In Control
56	2,2125	1,4	0,15	0,23	0,020794	In Control
57	0,4425	3,15	1,2	1,6675	0,035889	Out of Control
58	0,885	0,7	2,7	0,345	0,02756	Out of Control
59	0	1,75	0,3	0,1725	0,018521	In Control
60	0,4425	0,35	0,75	0,4025	0,012006	In Control
61	0	1,05	0,3	0,575	0,010026	In Control
62	0	0,35	1,95	0,115	0,012578	In Control
63	2,655	1,4	1,8	0,2875	0,031992	Out of Control
64	0,4425	0,35	1,35	0	0,011159	In Control
65	1,3275	0	0,3	0,115	0,009076	In Control
66	0,885	0	1,05	0	0,010078	In Control
67	2,2125	0	1,65	0	0,020117	In Control
68	0,885	0,35	1,5	0,345	0,016042	In Control

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
69	2,2125	0	0,9	0,23	0,01797	In Control
70	0,4425	0,35	0,9	0,46	0,022191	In Control
71	1,3275	0,35	1,2	0,115	0,062344	Out of Control
72	0	0,35	0	1,0925	0,015346	In Control
73	0,4425	0	0,3	0,2875	0,007153	In Control
74	0,885	0	0,75	0	0,009083	In Control
75	0,885	0,7	1,05	0,4025	0,015341	In Control
76	0	0,35	1,05	0,46	0,009688	In Control
77	0,4425	5,95	1,35	0,23	0,041523	Out of Control
78	1,77	0,35	1,05	0,7475	0,020404	In Control
79	1,77	0,7	0,6	0,805	0,020833	In Control
80	1,3275	1,4	0,9	1,2075	0,027787	Out of Control
81	2,2125	1,75	1,5	0,1725	0,024715	Warning Limit
82	0	1,4	1,35	0,115	0,014922	In Control
83	0,4425	0	2,4	0	0,014805	In Control
84	2,2125	0,35	1,95	0,575	0,027352	Warning Limit
85	0	1,4	2,7	0,575	0,033877	Out of Control
86	0,885	0,35	2,25	0,115	0,019459	In Control
87	0	0,35	1,65	0,345	0,013477	In Control
88	1,77	0,35	1,05	0	0,01268	In Control
89	2,2125	0,7	1,5	0,2875	0,01478	In Control
90	1,3275	0	0,6	0,1725	0,008607	In Control
91	0,4425	0,35	0,3	0,0575	0,00599	In Control
92	2,655	1,05	0,9	0,0575	0,024284	Warning Limit
93	1,3275	0	3,6	0,1725	0,026563	Warning Limit
94	0,885	0	0,75	0,0575	0,008815	In Control
95	0,4425	0	1,05	0	0,018656	In Control
96	0	0,35	0	0,345	0,016548	In Control
97	0	2,1	0,15	0,6325	0,029116	Out of Control
98	0	0,35	0,9	0,345	0,008575	In Control
99	0,885	3,15	0,45	0,2875	0,024857	Warning Limit
100	0	1,05	1,35	0,575	0,015495	In Control
101	2,2125	0,35	1,2	0,92	0,024388	Warning Limit
102	0	0,35	0,9	1,955	0,020545	In Control
103	0,4425	0	0,3	0,115	0,005497	Warning Limit

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
104	0	0,7	0,75	0,7475	0,011445	In Control
105	0,885	1,05	0,75	1,035	0,019375	In Control
106	0,885	0,35	0,45	0,2875	0,010273	In Control
107	0,4425	0,35	0,9	0,115	0,022594	In Control
108	0,4425	1,4	0,45	0,2875	0,023036	In Control
109	1,3275	0,7	0,75	0,115	0,015065	In Control
110	0	1,05	0,3	0,1725	0,00793	In Control
111	1,77	0,35	0,45	0,92	0,018177	In Control
112	2,655	0	1,5	0,1725	0,022539	In Control
113	1,77	5,95	1,2	2,8175	0,02096	In Control
114	0,4425	2,45	1,65	1,3225	0,012018	In Control
115	2,2125	3,5	4,8	0,6325	0,018211	In Control
116	0,885	2,45	3,75	2,185	0,016094	In Control
117	0	0	0,75	0,1725	0,004805	Warning Limit
118	1,3275	0,7	1,2	0,115	0,017409	In Control
119	7,965	0	0,3	0,23	0,106188	Out of Control
120	0,885	1,75	0,3	1,265	0,037838	Out of Control
121	0	1,4	1,5	0,23	0,008414	In Control
122	0	1,4	0,75	1,495	0,00769	In Control
123	0,4425	3,85	0,6	1,0925	0,012469	In Control
124	0	1,05	0,6	0,5175	0,004516	Warning Limit
125	0,4425	5,6	1,35	0,1725	0,016446	In Control
126	2,2125	1,05	2,4	0,46	0,015006	In Control
127	0,885	0,7	1,35	0,805	0,020778	In Control
128	0,4425	0	0,3	0,0575	0,012903	In Control
129	0,4425	0	0,15	0,115	0,022109	In Control
130	0	0,35	0,15	0	0,006098	In Control
131	0,4425	0	0,45	0,23	0,005846	In Control
132	0	0,35	0,15	0,46	0,005	Warning Limit
133	1,3275	0	0,9	0	0,011602	In Control
134	0	0,7	0,15	0	0,004427	Warning Limit
135	8,85	0	0,45	0,345	0,050234	Out of Control
136	0,4425	0,7	0,3	0,345	0,009931	In Control
137	0	0,35	0,45	0,7475	0,008894	In Control
138	0	0,7	0,3	0,1725	0,014656	In Control

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
139	0	1,05	0,15	0,23	0,012768	In Control
140	0,885	0,35	0,6	0,805	0,013333	In Control
141	0	1,05	0,3	0,5175	0,010375	In Control
142	0	0,35	0,15	0,0575	0,002904	Warning Limit
143	0,885	1,4	0,9	0	0,017124	In Control
144	0	0	0,6	0,0575	0,003424	Warning Limit
145	0	1,05	0,45	0,23	0,00901	In Control
146	0,4425	1,75	0,6	0,1725	0,015443	In Control
147	0	0,35	0,6	0,46	0,00449	Warning Limit
148	0,885	2,45	0,3	0,9775	0,009609	In Control
149	0	1,75	0,3	0,7475	0,005828	In Control
150	0	1,05	1,05	0,23	0,004854	Warning Limit
151	0	0	0,75	0,4025	0,002401	Warning Limit
152	0	0,7	1,05	0,1725	0,003641	Warning Limit
153	0	6,65	0,3	1,265	0,011803	In Control
154	0,4425	1,05	0	0,1725	0,004428	Warning Limit
155	0,885	0	0,75	0	0,008516	In Control
156	1,3275	0	0,6	0,115	0,010638	In Control
157	2,2125	0	0,45	0	0,013867	In Control
158	0,885	0,35	0	0,5175	0,010818	In Control
159	0	0	0,45	0,23	0,003656	Warning Limit
160	0,4425	0,35	0,3	0,115	0,007188	In Control
161	0,4425	0,35	0,6	0,115	0,008375	In Control
162	0	0,7	0,15	0,23	0,005625	Warning Limit
163	0,4425	3,15	0,6	1,4375	0,030269	Out of Control
164	0,4425	0,7	0	0,5175	0,009222	In Control
165	0,4425	0	1,2	0	0,014665	In Control
166	0	0,35	0	0	0,011667	In Control
167	0	0,7	0,45	0,575	0,017969	In Control
168	0,4425	0,7	0,6	1,2075	0,015365	In Control
169	0,4425	0	0,9	0,0575	0,007292	In Control
170	0,4425	1,05	0,6	0,5175	0,013594	In Control
171	0	2,1	0,3	0,115	0,013972	In Control
172	0,885	0	0,3	0,23	0,007608	In Control
173	1,77	0,35	0,75	0,6325	0,018242	In Control

Sub grup	A	B	C	D	Ui	Keputusan Proses
174	0	0,35	1,05	0,4025	0,009388	In Control
175	0,4425	0,35	0,9	0	0,011283	In Control
176	0,885	1,05	0,45	0,23	0,007514	In Control
177	3,54	0,7	1,5	0,115	0,012405	In Control
178	0	1,05	1,65	0,575	0,005282	Warning Limit
179	0,885	0,7	1,5	0,92	0,008485	In Control
180	0	2,8	1,05	0,345	0,00874	In Control
181	1,77	0,35	0,45	0,575	0,010625	In Control
182	0	0,35	0,75	0,2875	0,005139	Warning Limit
183	0,4425	0,7	1,8	0,5175	0,009943	In Control
184	0,885	0,35	0,75	0,115	0,010096	In Control
185	0	0,7	0,9	0,115	0,008932	In Control
186	0,4425	0,35	0,15	0,92	0,009701	In Control
187	0,885	0	0,75	0	0,008516	In Control
188	3,54	0	0,3	0	0,021333	In Control
189	0,885	3,15	0,6	1,4375	0,037485	Out of Control
190	1,77	5,6	0,6	0	0,04151	Out of Control
191	0,4425	0	8,7	0,345	0,051008	Out of Control
192	0,4425	0,35	0,15	0,46	0,020625	In Control
193	0,4425	1,05	0,3	0,23	0,008871	In Control
194	0	0,35	0,9	0,9775	0,009601	In Control
195	0	0,35	0	0	0,001167	Out of Control
196	0	0,35	0,15	0,115	0,002402	Warning Limit
197	0	2,1	0,6	0,46	0,008061	In Control
198	0	1,4	0	0,0575	0,004858	Warning Limit
199	0	0,7	0,15	0	0,003125	Warning Limit
200	1,3275	0,35	0,15	0,23	0,00762	In Control
201	0	4,2	0,15	0,23	0,013631	In Control
202	0	1,75	0,75	1,15	0,010863	In Control
203	0,4425	0,35	0,3	0,23	0,009724	In Control
204	0,4425	1,05	0,45	0,69	0,023504	Warning Limit
205	0,885	1,05	0,75	0,575	0,018736	In Control
206	0,885	0,35	0,45	0	0,008776	In Control
207	0,4425	0	1,65	1,5525	0,014238	In Control

LAMPIRAN 3

Data Perhitungan Diagram Kontrol *Fuzzy U*

Sub grup	A	B	C	D	β_j	Keputusan Proses
1	0	0	0,15	0,115	0	Out of Control
2	0	2,8	1,35	2,415	0	Out of Control
3	0,885	0,35	0,3	1,035	0	Out of Control
4	0	1,05	1,35	0,5175	0,100312	Rather Out of Control
5	1,3275	0	0,9	0,115	0,771628	Rather In Control
6	0	1,05	0,15	0,345	1	In Control
7	0,4425	0,35	1,65	0,115	0,56161	Rather In Control
8	0,4425	0,35	0,45	0,2875	0	Out of Control
9	0,4425	0,35	1,5	0,46	0,634864	Rather In Control
10	0,885	0	0,6	0,115	0	Out of Control
11	0	0	0,6	0	0	Out of Control
12	0,885	0	0,45	0	0	Out of Control
13	0	0,35	0,3	0,345	0	Out of Control
14	0	1,4	1,2	0,345	0	Out of Control
15	0,885	0	0,45	0,115	0	Out of Control
16	1,77	0,35	1,05	0,23	0,492093	Rather Out of Control
17	0,4425	0,35	1,35	0	0,730094	Rather In Control
18	0,4425	0	0,6	0	0	Out of Control
19	0,4425	0	0,75	0	0,925954	Rather In Control
20	0	0	0,6	0,46	0	Out of Control
21	0,4425	0	0,6	0	0	Out of Control
22	0,4425	1,05	1,05	0,345	1	In Control
23	3,0975	0,35	0,45	0	0	Out of Control
24	7,965	0	0,45	0	0	Out of Control
25	1,3275	0,7	1,05	1,5525	1	In Control
26	0,4425	1,05	1,05	0,345	1	In Control
27	1,77	0	1,05	0	0,661395	Rather In Control
28	1,77	0,7	0,45	0,92	1	In Control
29	0	1,05	0	0,69	1	In Control
30	0,885	0,7	1,35	0,5175	0,584759	Rather In Control
31	0,885	0	0,6	0,46	0	Out of Control
32	0,885	0	0,6	0,23	0	Out of Control
33	1,77	0,35	0,75	0,0575	0,861163	Rather In Control

Sub grup	A	B	C	D	β_j	Keputusan Proses
34	0	4,55	1,35	1,2075	0	Out of Control
35	0,885	1,75	0,45	0,1725	1	In Control
36	1,77	0,7	0,45	0,1725	1	In Control
37	1,3275	0	1,05	0,575	0,661395	Rather In Control
38	0,885	2,1	1,95	0,69	0	Out of Control
39	0,885	1,05	1,2	0,5175	0,200624	Rather Out of Control
40	0,885	5,95	0,45	0,345	1	In Control
41	3,9825	1,4	2,85	0,5175	0	Out of Control
42	6,6375	0,7	2,55	0,1725	0,205456	Rather Out of Control
43	0,885	0,35	1,2	0,115	0,858934	Rather In Control
44	0,885	0	1,35	0,1725	0,800069	Rather In Control
45	1,3275	0	0,6	0,23	0	Out of Control
46	3,0975	0,35	0,75	1,2075	0,861163	Rather In Control
47	2,2125	0	1,35	0	0,800069	Rather In Control
48	0,885	1,05	0,6	0,6325	1	In Control
49	1,3275	1,4	0,75	0,6325	1	In Control
50	3,0975	0,7	1,5	0,8625	0,475117	Rather Out of Control
51	0	0,7	0,15	0,575	1	In Control
52	0	0	0,45	0	0	Out of Control
53	0,4425	0,35	0,45	0,1725	0	Out of Control
54	0,885	1,05	1,8	1,035	0,040125	Rather Out of Control
55	1,3275	0,7	0,9	0,8625	1	In Control
56	2,2125	1,4	0,15	0,23	1	In Control
57	0,4425	3,15	1,2	1,6675	0	Out of Control
58	0,885	0,7	2,7	0,345	0,190047	Rather Out of Control
59	0	1,75	0,3	0,1725	1	In Control
60	0,4425	0,35	0,75	0,4025	0,861163	Rather In Control
61	0	1,05	0,3	0,575	1	In Control
62	0	0,35	1,95	0,115	0,456308	Rather Out of Control
63	2,655	1,4	1,8	0,2875	0	Out of Control
64	0,4425	0,35	1,35	0	0,730094	Rather In Control
65	1,3275	0	0,3	0,115	0	Out of Control
66	0,885	0	1,05	0	0,661395	Rather In Control
67	2,2125	0	1,65	0	0,654602	Rather In Control
68	0,885	0,35	1,5	0,345	0,634864	Rather In Control

Sub grup	A	B	C	D	β_j	Keputusan Proses
69	2,2125	0	0,9	0,23	0,771628	Rather In Control
70	0,4425	0,35	0,9	0,46	0,6263	Rather In Control
71	1,3275	0,35	1,2	0,115	0,858934	Rather In Control
72	0	0,35	0	1,0925	0	Out of Control
73	0,4425	0	0,3	0,2875	0	Out of Control
74	0,885	0	0,75	0	0,925954	Rather In Control
75	0,885	0,7	1,05	0,4025	1	In Control
76	0	0,35	1,05	0,46	0,492093	Rather Out of Control
77	0,4425	5,95	1,35	0,23	0	Out of Control
78	1,77	0,35	1,05	0,7475	0,492093	Rather Out of Control
79	1,77	0,7	0,6	0,805	1	In Control
80	1,3275	1,4	0,9	1,2075	1	In Control
81	2,2125	1,75	1,5	0,1725	0	Out of Control
82	0	1,4	1,35	0,115	0	Out of Control
83	0,4425	0	2,4	0	0,450039	Rather Out of Control
84	2,2125	0,35	1,95	0,575	0,456308	Rather Out of Control
85	0	1,4	2,7	0,575	0	Out of Control
86	0,885	0,35	2,25	0,115	0,38426	Rather Out of Control
87	0	0,35	1,65	0,345	0,56161	Rather In Control
88	1,77	0,35	1,05	0	0,492093	Rather Out of Control
89	2,2125	0,7	1,5	0,2875	0,475117	Rather Out of Control
90	1,3275	0	0,6	0,1725	0	Out of Control
91	0,4425	0,35	0,3	0,0575	0	Out of Control
92	2,655	1,05	0,9	0,0575	1	In Control
93	1,3275	0	3,6	0,1725	0,300026	Rather Out of Control
94	0,885	0	0,75	0,0575	0,925954	Rather In Control
95	0,4425	0	1,05	0	0,661395	Rather In Control
96	0	0,35	0	0,345	0	Out of Control
97	0	2,1	0,15	0,6325	1	In Control
98	0	0,35	0,9	0,345	0,6263	Rather In Control
99	0,885	3,15	0,45	0,2875	1	In Control
100	0	1,05	1,35	0,575	0,100312	Rather Out of Control
101	2,2125	0,35	1,2	0,92	0,858934	Rather In Control
102	0	0,35	0,9	1,955	0,6263	Rather In Control
103	0,4425	0	0,3	0,115	0	Out of Control

Sub grup	A	B	C	D	β_j	Keputusan Proses
104	0	0,7	0,75	0,7475	1	In Control
105	0,885	1,05	0,75	1,035	1	In Control
106	0,885	0,35	0,45	0,2875	0	Out of Control
107	0,4425	0,35	0,9	0,115	0,6263	Rather In Control
108	0,4425	1,4	0,45	0,2875	1	In Control
109	1,3275	0,7	0,75	0,115	1	In Control
110	0	1,05	0,3	0,1725	1	In Control
111	1,77	0,35	0,45	0,92	0	Out of Control
112	2,655	0	1,5	0,1725	0,720062	Rather In Control
113	1,77	5,95	1,2	2,8175	0	Out of Control
114	0,4425	2,45	1,65	1,3225	0	Out of Control
115	2,2125	3,5	4,8	0,6325	0	Out of Control
116	0,885	2,45	3,75	2,185	0	Out of Control
117	0	0	0,75	0,1725	0,925954	Rather In Control
118	1,3275	0,7	1,2	0,115	0,760187	Rather In Control
119	7,965	0	0,3	0,23	0	Out of Control
120	0,885	1,75	0,3	1,265	1	In Control
121	0	1,4	1,5	0,23	0	Out of Control
122	0	1,4	0,75	1,495	1	In Control
123	0,4425	3,85	0,6	1,0925	1	In Control
124	0	1,05	0,6	0,5175	1	In Control
125	0,4425	5,6	1,35	0,1725	0	Out of Control
126	2,2125	1,05	2,4	0,46	0,022292	Rather Out of Control
127	0,885	0,7	1,35	0,805	0,584759	Rather In Control
128	0,4425	0	0,3	0,0575	0	Out of Control
129	0,4425	0	0,15	0,115	0	Out of Control
130	0	0,35	0,15	0	0	Out of Control
131	0,4425	0	0,45	0,23	0	Out of Control
132	0	0,35	0,15	0,46	0	Out of Control
133	1,3275	0	0,9	0	0,771628	Rather In Control
134	0	0,7	0,15	0	1	In Control
135	8,85	0	0,45	0,345	0	Out of Control
136	0,4425	0,7	0,3	0,345	1	In Control
137	0	0,35	0,45	0,7475	0	Out of Control
138	0	0,7	0,3	0,1725	1	In Control

Sub grup	A	B	C	D	β_j	Keputusan Proses
139	0	1,05	0,15	0,23	1	In Control
140	0,885	0,35	0,6	0,805	0	Out of Control
141	0	1,05	0,3	0,5175	1	In Control
142	0	0,35	0,15	0,0575	0	Out of Control
143	0,885	1,4	0,9	0	1	In Control
144	0	0	0,6	0,0575	0	Out of Control
145	0	1,05	0,45	0,23	1	In Control
146	0,4425	1,75	0,6	0,1725	1	In Control
147	0	0,35	0,6	0,46	0	Out of Control
148	0,885	2,45	0,3	0,9775	1	In Control
149	0	1,75	0,3	0,7475	1	In Control
150	0	1,05	1,05	0,23	1	In Control
151	0	0	0,75	0,4025	0,925954	Rather In Control
152	0	0,7	1,05	0,1725	1	In Control
153	0	6,65	0,3	1,265	1	In Control
154	0,4425	1,05	0	0,1725	1	In Control
155	0,885	0	0,75	0	0,925954	Rather In Control
156	1,3275	0	0,6	0,115	0	Out of Control
157	2,2125	0	0,45	0	0	Out of Control
158	0,885	0,35	0	0,5175	0	Out of Control
159	0	0	0,45	0,23	0	Out of Control
160	0,4425	0,35	0,3	0,115	0	Out of Control
161	0,4425	0,35	0,6	0,115	0	Out of Control
162	0	0,7	0,15	0,23	1	In Control
163	0,4425	3,15	0,6	1,4375	1	In Control
164	0,4425	0,7	0	0,5175	1	In Control
165	0,4425	0	1,2	0	0,900078	Rather In Control
166	0	0,35	0	0	0	Out of Control
167	0	0,7	0,45	0,575	1	In Control
168	0,4425	0,7	0,6	1,2075	1	In Control
169	0,4425	0	0,9	0,0575	0,771628	Rather In Control
170	0,4425	1,05	0,6	0,5175	1	In Control
171	0	2,1	0,3	0,115	1	In Control
172	0,885	0	0,3	0,23	0	Out of Control
173	1,77	0,35	0,75	0,6325	0,861163	Rather In Control

Sub grup	A	B	C	D	β_i	Keputusan Proses
174	0	0,35	1,05	0,4025	0,492093	Rather Out of Control
175	0,4425	0,35	0,9	0	0,6263	Rather In Control
176	0,885	1,05	0,45	0,23	1	In Control
177	3,54	0,7	1,5	0,115	0,475117	Rather Out of Control
178	0	1,05	1,65	0,575	0,050156	Rather Out of Control
179	0,885	0,7	1,5	0,92	0,475117	Rather Out of Control
180	0	2,8	1,05	0,345	1	In Control
181	1,77	0,35	0,45	0,575	0	Out of Control
182	0	0,35	0,75	0,2875	0,861163	Rather In Control
183	0,4425	0,7	1,8	0,5175	0,34554	Rather Out of Control
184	0,885	0,35	0,75	0,115	0,861163	Rather In Control
185	0	0,7	0,9	0,115	1	In Control
186	0,4425	0,35	0,15	0,92	0	Out of Control
187	0,885	0	0,75	0	0,925954	Rather In Control
188	3,54	0	0,3	0	0	Out of Control
189	0,885	3,15	0,6	1,4375	1	In Control
190	1,77	5,6	0,6	0	1	In Control
191	0,4425	0	8,7	0,345	0,124149	Rather Out of Control
192	0,4425	0,35	0,15	0,46	0	Out of Control
193	0,4425	1,05	0,3	0,23	1	In Control
194	0	0,35	0,9	0,9775	0,6263	Rather In Control
195	0	0,35	0	0	0	Out of Control
196	0	0,35	0,15	0,115	0	Out of Control
197	0	2,1	0,6	0,46	1	In Control
198	0	1,4	0	0,0575	1	In Control
199	0	0,7	0,15	0	1	In Control
200	1,3275	0,35	0,15	0,23	0	Out of Control
201	0	4,2	0,15	0,23	1	In Control
202	0	1,75	0,75	1,15	1	In Control
203	0,4425	0,35	0,3	0,23	0	Out of Control
204	0,4425	1,05	0,45	0,69	1	In Control
205	0,885	1,05	0,75	0,575	1	In Control
206	0,885	0,35	0,45	0	0	Out of Control
207	0,4425	0	1,65	1,5525	0,654602	Rather In Control

LAMPIRAN 4**Surat Keterangan Pengambilan Data****SURAT KETERANGAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

1. Mahasiswa Statistika FMIPA-ITS dengan identitas berikut :

Nama : Vela Riski Pradini

NRP : 1312100011

Telah mengambil data di instansi/perusahaan kami :

Nama Instansi : PT. Asahimas Flat Glass
Tbk. Sidoarjo

Divisi/Departemen : Production/Quality Control

sejak tanggal 17 Februari 2016 sampai dengan 19 Februari
2016 untuk keperluan Tugas Akhir/Thesis Semester
~~Gasal~~/Genap* 2015/2016.

2. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* nama perusahaan
dicantumkan dalam Tugas Akhir/Thesis mahasiswa
Statistika yang akan di simpan di Perpustakaan ITS dan
dibaca di lingkungan ITS.
3. Tidak Keberatan/~~Keberatan~~* bahwa hasil analisis data dari
perusahaan dipublikasikan dalam E jurnal ITS yaitu Jurnal
Sains dan Seni ITS.

Sidoarjo, 31 Mei 2016
Manajer Departemen Quality Control
PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo



[Signature]
M. Choirul Huda, ST.

*(coret yang tidak perlu)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Kecacatan Kaca <i>Automotive</i> Tipe <i>Laminated</i> PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo	57
Lampiran 2 Data Perhitungan Diagram Kontrol Demerit.....	64
Lampiran 3 Data Perhitungan Diagram Kontrol <i>Fuzzy U</i>	70
Lampiran 4 Surat Keterangan Pengambilan Data.....	76

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan pembahasan data kecacatan produk kaca *automotive* tipe *laminated* pada bulan Januari – Desember 2015 adalah sebagai berikut.

1. Produksi kaca di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. terdapat 4 kelompok jenis cacat (*defect*), yaitu *standard primary defect*, *standard secondary defect*, *unstandard primary defect*, dan *unstandard secondary defect*. *Standard secondary defect* merupakan kasus cacat terbanyak yang ditemukan selama bulan Januari – Desember 2105, yaitu sebanyak 1530 cacat. Pada kategori *standard primary defect* dan *unstandard primary defect* diketahui bahwa *bubble* merupakan kasus cacat yang paling banyak ditemukan, dimana masing-masing sebanyak 564 dan 292 kasus kecacatan ditemukan. Pada kategori *standard secondary defect* diketahui bahwa *chipping* merupakan cacat yang paling banyak ditemukan, yaitu sebanyak 837 kasus. Sedangkan pada kategori *unstandard secondary defect*, cacat yang paling banyak terjadi adalah cacat jenis *cullet* yaitu sebanyak 220 kasus cacat.
2. Diagram kontrol demerit menunjukkan bahwa pada proses produksi kaca *automotive* jenis *laminated* terdapat 145 titik pengamatan yang dinyatakan telah *in control* dari total 207 pengamatan selama Bulan Januari – Desember 2015. Selain itu, terdapat 33 pengamatan yang termasuk ke dalam daerah *warning limit* dan 29 titik pengamatan yang dinyatakan out of control. Proses produksi yang dinyatakan *out of control* paling banyak ditemukan di Bulan Maret 2015, yaitu sebanyak sembilan waktu pengamatan. Hal ini disebabkan karena banyak ditemukannya cacat pada produk, seperti cacat *bubble*, *scratch*, serta *cullet*.

3. Diagram kontrol *fuzzy u* menunjukkan bahwa terdapat 65 titik pengamatan yang dinyatakan *in control* dari total 207 pengamatan selama Bulan Januari – Desember 2015. Di samping itu, terdapat 45 pengamatan yang termasuk *rather in control*, 24 pengamatan yang dinyatakan *rather out of control*, dan 73 pengamatan yang berada pada daerah *out of control*. Proses produksi yang dinyatakan *out of control* paling banyak ditemukan di Bulan Januari 2015, yaitu sebanyak sebelas waktu pengamatan. Hal ini disebabkan karena banyak ditemukannya cacat cullet yang menyebabkan banyak produk kaca di-*reject*.
4. Perbandingan pengontrolan kualitas oleh diagram kontrol demerit dan *fuzzy u* dapat dilihat dari berapa banyak titik pengamatan yang dinyatakan *out of control*. Hasil analisis menunjukkan bahwa diagram kontrol *fuzzy u* lebih sensitif jika dibandingkan dengan diagram kontrol demerit, hal ini ditunjukkan oleh banyaknya titik pengamatan yang *out of control*, dimana diagram kontrol *fuzzy u* menangkap lebih banyak titik tersebut, yaitu sebanyak 73 titik pengamatan. Secara umum proses produksi di Asahimas selama Bulan Januari – Desember 2015 masih dikatakan *out of control*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan bagi perusahaan adalah meningkatkan stabilitas proses produksi, terutama pada proses peleburan (*melting*) dan pemotongan (*cutting*) perlu dilakukan pengawasan dan perawatan mesin secara berkala untuk menghindari kecacatan kaca berlebih yang dapat menyebabkan proses menjadi *out of control*. Sedangkan saran untuk penelitian selanjutnya adalah perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui penyebab inkonsistensi keputusan proses pada diagram *fuzzy u*, selain itu, perbandingan kinerja diagram kontrol, khususnya diagram kontrol demerit dan *fuzzy-u* dapat menggunakan metode ARL (*Average Run Length*) sebagai salah satu pendekatan secara empiris.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlisa, A. H. (2015). *Penerapan Diagram Kontrol Fuzzy U pada Pengendalian Kualitas Coating Thickness di PT. Indal Steel Pipe*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Al Hafiz, M. P. (2015, June 15). *Marketeers*. Dipetik January 6, 2016, dari Marketeers Website: <http://marketeers.com/article/sumbangan-besar-indonesia-untuk-industri-kaca-dunia.html>
- Besterfield, D. H. (2009). *Quality Control with Student CD 8th International Edition*. New Jersey: Pearson Education.
- Budiantono, S. (2014). *Pengendalian Kualitas pada Produk Kaca Lembaran (Glass) di PT. Asahimas Flat Glass Tbk. Sidoarjo*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Darestani, S. A., Tadi, A. M., Taheri, S., & Raeiszadeh, M. (2014). Development of Fuzzy U Control Chart for Monitoring Defects. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(7), 811-821.
- Gulbay, M., & Kahraman, C. (2006 & 2007). An Alternative Approach to Fuzzy Control Cgarts: Direct Fuzzy Approach. *Information Sciences*, 1463-1480.
- Kemendag. (2015). *Kementerian Perdagangan Republik Indonesia*. Dipetik January 6, 2016, dari <http://www.kemendag.go.id/id/economic-profile/indonesia-export-import/growth-of-non-oil-and-gas-export-commodity>
- Kemenperin. (2015). *Kementerian Perindustrian Republik Indonesia*. Dipetik January 6, 2016, dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6276/Industri-Manufaktur-Indonesia-Mulai-Menggeliat>
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (5th ed.). Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons.
- Ramadhani, G. S., Yuciana, & Suparti. (2014). Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Diagram Kendali Demerit (Studi Kasus Produksi Air Minum dalam Kemasan 240 ml di PT TIW). *Jurnal Gaussian*, III(3), 401-410.
- Sugihartanti, I. (2012). *Study Direct Fuzzy Approach (DFA) pada Diagram Kontrol Fuzzy dan Penerapannya pada Pengontrolan Kualitas Produksi Botol Sting (240 ml) di PT. Iglas*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tong, L. I., & Su, C. T. (1997). Optimizing Multi-Response Problems in The Taguchi Method by Fuzzy Multiple Attribute Decision Making. *Quality and Reliability Engineering International*, 13, 25-34.
- Zadeh, L. A. (1965). *Fuzzy Sets*. California: Electronics Research Laboratory University of California.

BIODATA PENULIS



Vela Riski Pradini atau yang akrab disapa Vela merupakan sulung dari dua bersaudara yang lahir di Jember, 9 September 1994. Putri pasangan Ahmad Fariji dan Suliha ini berasal dari Kabupaten Jember dan telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri Sempolan 1 (2000-2006), SMP Negeri 2 Jember (2006-2009), dan SMA Negeri 1 Jember (2009-2012). Penulis melanjutkan studi guna menempuh gelar sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Pada tahun 2012, penulis dinyatakan lolos SNMPTN Undangan sebagai mahasiswa Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Semasa kuliah, penulis aktif di organisasi kemahasiswaan ITS tingkat jurusan yakni Himpunan Mahasiswa Statistika (HIMASTA-ITS) pada periode 2013-2014 sebagai *staff* Departemen Kesejahteraan Mahasiswa dan pada periode 2014-2015 sebagai sekretaris Departemen Kesejahteraan Mahasiswa. Penulis juga aktif di forum daerah Himpunan Mahasiswa Surabaya Asal Jember (HIMASA Jember) sebagai *staff* Departemen Internal. Selain itu penulis turut berpartisipasi dalam kepanitiaan, baik kegiatan yang diadakan HIMASTA-ITS seperti Pekan Raya Statistika (PRS), Bina Cinta Statistika (BCS), Pelepasan Wisuda (PW), dan Job Preparation Training (JPT), maupun juga kepanitiaan di luar HIMASTA-ITS seperti Great Event of FMIPA (GEMPA) dan ITS Fresh. Segala kritik dan saran serta diskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini dapat dikirimkan melalui *e-mail* ke pradinivela@gmail.com.